N. L. ERPELDING
Ingénieur - Motoriste

réparation et mise au point des moteurs DIESEL

La bible du réparateur de Diesel

ouvrage étudiant en détail toutes les particularités et toutes les pièces des moteurs en usage

cinquième édition
avec les nouveaux appendices pour le réglage des moteurs connus

ÉDITIONS CHIRON - PARIS

réparation
et mise au point
des moteurs
DIESEL

LE PRÉSENT OUVRAGE
FAIT SUITE AU VOLUME DU MÊME AUTEUR
PRÉCÉDEMMENT PARU :

GUIDE PROFESSIONNEL
DU
MOTEUR A HUILE LOURDE
(Diesel)

EXTRAIT DE LA TABLE DES MATIÈRES

I. HISTORIQUE DU MOTEUR A HUILE LOURDE.
II. COMPARAISON ENTRE LE MOTEUR A HUILE LOURDE.
III. ÉTUDE DÉTAILLÉE DU CYCLE.
IV. LES PRINCIPALES RÉALISATIONS.
V. LES ORGANES DU MOTEUR A HUILE LOURDE.
VI. LE GRAISSAGE.
VII. LE REFROIDISSEMENT.
VIII. LES ORGANES D'ALIMENTATION.
IX. LA POMPE D'INJECTION.
X. LE RÉGULATEUR.
XI. L'INJECTEUR.
XII. LES BOUGIES DE CHAUFFAGE.
XIII. L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE.
XIV. LE MOTEUR A DEUX TEMPS.
XV. LES COMBUSTIBLES POUR MOTEURS A HUILE LOURDE.
XVI. MISE EN ROUTE — CONDUITE.
XVII. PANNES ET REMÈDES.
XVIII. L'ASPECT ÉCONOMIQUE.

EDITIONS CHIRON 40, Rue de Seine, Paris

N. L. ERPELDING
Ingénieur - Motoriste

réparation et mise au point des moteurs DIESEL

cinquième édition
avec appendices pour le réglage des moteurs connus

ÉDITIONS CHIRON - 40 r. de Seine - PARIS 6e

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage est interdite. Une copie ou reproduction en plus d'un exemplaire par quelque procédé que ce soit photographie, microfilm, etc. constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la Loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteur.

Tous droits de reproduction et de traduction, même partielle, réservés par Editions Chiron, Paris.

© Editions Chiron, Paris 1959

INTRODUCTION

Dès avant la guerre, le moteur à huile lourde avait conquis droit de cité dans la construction automobile au point qu'en plus des gros camions il équipait également des véhicules de transport en commun, des camionnettes, des taxis, voire même des voitures de tourisme. Des recherches patientes, incessantes, ont eu raison, peu à peu, des obstacles qui s'étaient opposés pendant des années à une réalisation satisfaisante de ce moteur.

Actuellement il équipe non seulement la quasi-totalité des poids lourds (à l'exception de quelques types), mais il est en outre utilisé de plus en plus dans les travaux publics, dans l'industrie comme moteur fixe et dans l'agriculture, sur les tracteurs.

En France on avait négligé, depuis la guerre, le diesel de petite cylindrée, contrairement à l'étranger où il est très répandu; mais la présentation au Salon de 1958 de plusieurs diesels légers français (Peugeot Indénor 1 800 cm^3, Perkins 1 600 cm^3) laisse prévoir une prochaine diffusion du diesel sur les utilitaires légers et même les voitures, avec un élargissement correspondant des débouchés offerts au spécialiste diesel.

Il existe aujourd'hui, comme nous l'avons exposé dans un autre ouvrage (1), une grande diversité de types qui tous fonctionnent bien. Mais cette diversité, si elle est génératrice de progrès constants, a cependant un sérieux inconvénient : elle complique la tâche du mécanicien obligé à se familiariser avec de nombreux types différents. Ce qui, en même temps que le problème des pièces de rechange, peut en certains cas constituer un handicap en matière de réparation et de mise au point.

Il ne suffit pas, pour un mécanicien d'automobiles, de connaître les principes de fonctionnement du moteur à huile lourde, pour être à même de procéder à la réparation et au réglage. Sans aller jusqu'à prétendre que le moteur à huile lourde est un engin mystérieux auquel seuls de rares initiés peuvent toucher sans risques, il faut cependant souligner que les jeux de montage, l'ajustage de l'équipage mobile, le calage précis de la pompe, le réglage des injecteurs, etc., sont autant de points qui demandent des connaissances sérieuses en plus d'une grande attention. Il convient de tenir compte, en outre, des particularités de chaque type de moteur, ce qui exige certaines précautions en même temps que des procédés autres que ceux qu'on applique pour le moteur à essence. De petites imperfections, sans grande importance pour ce dernier — ce qui ne veut pas dire qu'il faille les négliger — peuvent compromettre sérieusement le bon fonctionnement d'un moteur à huile lourde, empêcher sa mise en route et donner lieu a des ennuis graves.

Des phénomènes inconnus avec le moteur à essence, peuvent se présenter, devant lesquels le meilleur mécanicien d'automobiles sera impuissant, s'il n'est pas familiarisé avec le moteur à huile lourde.

Le Diesel nécessite, de la part des usagers et réparateurs, des connaissances *simples* mais spéciales, très différentes de celles du moteur à essence. Il paraît plus compliqué que ce dernier, uniquement parce qu'il est encore moins connu.

Le but du présent ouvrage est précisément de fournir au mécanicien toutes les données nécessaires, de lui faire connaître

(1) *Guide Professionnel du moteur à huile lourde* (E. Chiron, Paris).

toutes les anomalies pouvant se produire et de le mettre en mesure, grâce à des indications précises, de réparer et de régler correctement les différents types de moteurs actuellement en service.

Si nous pouvons ainsi faciliter la tâche de ceux qui, tant dans les transports civils que dans les services automobiles de la défense nationale, ont la charge de veiller au bon fonctionnement de notre matériel automobile, nous serons heureux d'avoir fait œuvre utile.

N.-L. E.

Réparation et Mise au point des MOTEURS DIESEL

CHAPITRE PREMIER

EXAMEN AVANT DÉMONTAGE

Essai du moteur. — La première chose à faire, quand un moteur arrive à l'atelier, est de procéder à un essai sérieux, à moins que la rupture d'une pièce telle que bielle, vilebrequin, piston ou un coussinet coulé ne rende cet essai impossible. Il n'est pas sans intérêt, en effet, de relever et de comparer les performances avant et après la remise en état, que celle-ci soit effectuée par le réparateur pour le compte d'un tiers, ou par le propriétaire du véhicule dans son propre atelier. Même là où l'on tient une comptabilité exacte pour chaque véhicule (consommation de combustible, de lubrifiant, parcours en charge et à vide, vitesse, arrêts, etc.), comme c'est le cas dans les grandes entreprises de transport, un tel essai sera utile parce qu'il portera sur des éléments précis. Etant effectué dans des conditions identiques et sur un même parcours avant et après réparation, il fournira une appréciation juste de l'amélioration obtenue. Là où plusieurs véhicules d'un même type sont en service, on aura, en outre, une base de comparaison pour des réparations exé-

cutées à des dates différentes, et peut-être avec un outillage et par un personnel différents.

De telles comparaisons permettront non seulement de perfectionner sans cesse les méthodes de travail, mais de se rendre compte, également, des avantages et inconvénients du matériel employé.

Les essais, nous l'avons dit, doivent toujours être effectués sur le même parcours comportant autant que possible une côte. On note les accélérations, le comportement en côte, les changements de vitesse, la consommation, les bruits anormaux, bref toutes les constatations qui peuvent être faites au cours de l'essai. On les inscrit sur une fiche d'essai

Vérification de la compression. — Le fonctionnement et le rendement du moteur à huile lourde dépendent principalement de la compression. Avec un vérificateur approprié (Fig. 1) que l'on monte à la place soit de l'injecteur, soit du réchauffeur (bougie de chauffage) on mesure la compression des différents cylindres, en faisant tourner le moteur au démarreur de préférence. Pour ne pas demander à la batterie un effort exagéré, on enlève les injecteurs ou les réchauffeurs de tous les cylindres, comme on retire, par exemple, toutes les bougies d'un moteur à essence lorsqu'on procède à la même vérification.

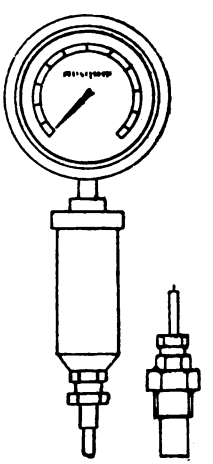


Fig. 1. — Vérificateur de compression.

L'appareil de contrôle à utiliser est un manomètre gradué jusqu'à 50 kgs. Il indique non pas le taux de compression, mais la pression réelle qui existe dans le cylindre en fin de course de compression. La différence entre le chiffre relevé au manomètre et le taux de compression doit être aussi grande que possible. L'écart est d'autant plus important que le cylindre est plus étanche. La pression réelle d'un moteur en parfait état est utile à connaître puisqu'on doit retrouver ce même chiffre dans le moteur remis en état. Rappelons ici que la pression réelle, aux bas régimes, est sensiblement égale à la pression théorique; mais elle augmente avec la vitesse de rotation; à

pleine charge, elle dépasse sensiblement la pression théorique (1). Lorsqu'on ne connaît pas la pression réelle normale (chiffre fourni généralement par le constructeur) on peut calculer (2) et comparer avec cette pression théorique le chiffre relevé au manomètre, le moteur tournant à environ 300 t.m. Bien entendu, cette valeur théorique, tout comme le taux de compression, est la même pour tous les cylindres du moteur. Quant à la pression réelle, on peut trouver des écarts d'un cylindre à l'autre, mais ils doivent être aussi faibles que possible, et ne pas dépasser 200 à 300 gr. (Avec un écart de 300 gr. on enregistre déjà une différence de pression d'explosion de 2 Kgs/cm^2, ce qui représente 225 Kgs pour un alésage de 120 mm.).

Les chiffres relevés sont à inscrire sur une fiche où l'on marque également, par la suite, l'usure des cylindres aux différentes hauteurs du fût (Voir page 38). Cette fiche fournira d'utiles indications pour les travaux ultérieurs. Il y a, en effet, une relation directe entre l'étanchéité du cylindre et la compression. Le manque de compression n'est pas toujours et pas uniquement le fait du cylindre ou des segments. Si nous relevons, par exemple, une compression insuffisante dans un cylindre qui n'est pas usé — la fiche nous l'indique — il faut en déduire que les fuites ont une autre cause. Ce peut être un jeu excessif à la coupe des segments. Le joint, la culasse, le décompresseur, les soupapes, l'antichambre, l'injecteur, le réchauffeur, autant d'organes qui peuvent être responsables et qu'on ne songerait peut-être pas à soumettre à un examen approfondi si l'on n'avait pas noté des constatations dont le rapprochement fait ressortir l'anomalie que nous venons de relever. On ne veillera jamais trop à la parfaite étanchéité des cylindres non seulement parce qu'en cas de fuite, la compression est mauvaise et que l'air peut ne pas atteindre la température d'allumage du combustible — d'où départ difficile — mais aussi parce que la fuite a pour conséquence immédiate une diminution notable de la quantité d'air mis en présence du combustible. Or, le moteur à huile lourde doit toujours fonction-

(1) Voir notre ouvrage : *Guide Professionnel du moteur à huile lourde*, pages 27-28. (E. Chiron, Paris.)

(2) La pression théorique est égale, approximativement, à deux fois le taux de compression moins un. Ex. : Taux 14; pression : $2 \times (14-1) = 26$.

ner avec un large excès d'air (1). Sans compter qu'au moment de la combustion une partie des gaz s'échappe dans le carter sans fournir de travail utile. En outre, si la quantité d'air est insuffisante la combustion est incomplète; il se forme dans la chambre de combustion, sur le piston, sur les soupapes et l'injecteur, des dépôts charbonneux qui augmentent rapidement et nuisent de plus en plus au bon fonctionnement.

Vérification de la pression d'injection. — Un moteur à huile lourde peut faire facilement 80.000 km avant d'exiger une révision. S'il vient à l'atelier plus tôt, aux fins de réfection générale, sous prétexte qu'il ne tire plus, qu'il fume ou qu'il cogne, il peut être utile de vérifier la pression d'injection avant d'entreprendre un démontage complet. Souvent, la cause du fonctionnement défectueux et du rendement insuffisant réside dans un mauvais réglage de cette pression. On trouvera plus loin les différentes manières de procéder à cette vérification, qui devrait d'ailleurs être faite périodiquement, tous les 10.000 km., par exemple. Les pressions relevées sont à porter sur la fiche.

Nettoyage et déshabillage du moteur. — Que le moteur soit à retirer complètement du châssis ou qu'il s'agisse seulement de démonter certains organes tels que pompes, injecteurs, culasses, soupapes, etc., on a tout avantage à le nettoyer soigneusement tant qu'il est encore en place, ainsi que les organes voisins du châssis. Pour ce nettoyage, on peut commencer par un badigeonnage de toutes les surfaces extérieures avec du gasoil ou un produit de nettoyage comme on en trouve dans le commerce. Il est recommandé de couper au préalable le courant et de retirer les barrettes des réchauffeurs de départ. En outre, on ne se servira pas de pinceaux à sertissage métallique avec lequel on risquerait, si le courant n'est pas coupé, de provoquer un court-circuit en touchant un conducteur. Bien que le gasoil soit beaucoup moins inflammable que l'essence, il convient de faire attention, du fait que ce combustible, en raison des pres-

(1) Rappelons que le moteur à essence fonctionne avec un mélange théoriquement constant, de l'ordre de 12.5-15 gr. d'air pour 1 gr. d'essence. Pour le moteur à huile lourde la proportion dépasse le double, puisqu'elle est au minimum de 32 gr. d'air pour 1 gr. de combustible.

sions dans les canalisations, suinte partout et recouvre presque entièrement le moteur. Cette couche, une fois allumée, faciliterait une rapide extension du feu.

Le moteur étant ainsi badigeonné avec un solvant approprié, on peut vider le radiateur et le réservoir d'huile. L'huile est à recueillir dans un bac propre; elle ne doit pas être jetée, car elle peut être régénérée et servir à nouveau, ou bien être réutilisée autrement, après simple décantation.

Pendant ce temps, la boue recouvrant le moteur aura pu se détremper et il sera facile de l'enlever au grattoir et à la brosse. On finira ce décrassage extérieur avec de l'essence, pour obtenir des surfaces propres et un séchage rapide.

On pourra ensuite, sans difficulté et sans perte de temps, déshabiller le moteur, c'est-à-dire enlever les organes et agrégats extérieurs tels que les filtres, canalisations, réchauffeurs, pompes, démarreur, dynamo. On détachera, en outre, toutes les commandes et tringles, le tube d'échappement, etc. On sera moins gêné pour arrimer le moteur, on ne risquera pas de détériorer un organe important et on réduira d'autant le poids à soulever, le moteur étant déjà suffisamment lourd par lui-même.

Une bonne précaution sera de mettre des organes comme la pompe d'injection, les filtres, la dynamo, etc., chacun séparément dans une caisse avec les boulons, vis, rondelles et goupilles servant à sa fixation. Un bon mécanicien ne met jamais toutes les pièces pêle-mêle dans une même caisse. Il est utile, en outre, de revisser aussitôt chaque écrou sur son boulon, avec les rondelles afférentes. Si le desserrage d'un écrou ou d'une vis s'avère trop dur, il est inutile d'insister. En cas de grippage, on risque de casser le goujon. Il vaut mieux verser quelques gouttes de dégrippant qu'on laissera pénétrer.

Démonter à l'avant le radiateur et, en certains cas, les phares qui peuvent gêner le passage du moteur.

A l'arrière, on désaccouplera la transmission, la boîte formant en général un bloc avec le moteur. A moins qu'il n'y ait pas à toucher à la boîte même, ce qui est rare, nous conseillons d'enlever moteur et boîte ensemble, plutôt que séparément. La boîte d'un gros camion est assez lourde et en raison de son em-

placement il n'est guère facile de la soulever. Il faut, au contraire, la descendre à l'aide d'un chariot à cric, ce qui est parfois impossible lorsqu'elle repose sur un berceau ou un faux-châssis spécial, comme c'est le cas sur certains véhicules. Si, au contraire, on la laisse fixée au moteur, on l'enlève avec celui-ci sans difficulté. Il est nécessaire toutefois de retirer le couvercle de la boîte et les différents leviers.

Le désaccouplage de la transmission à la sortie de la boîte ne présente pas de difficultés sur les camions et les gros cars, bien que ceux-ci soient généralement à poussée centrale. La pous-

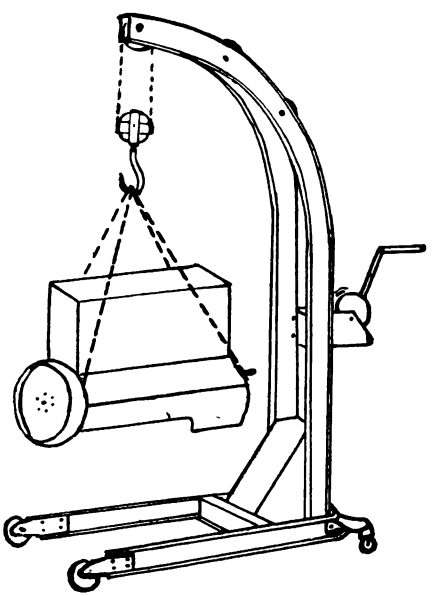


Fig. 2. — Arrimage du moteur à la grue d'atelier.

sée se fait, en effet, sur une traverse intermédiaire avec un relai à rotule. Entre celui-ci et la boîte se place un arbre à cardan libre ou à flectors.

Arrimage et dépose. — Le moteur étant dégagé à l'avant et à l'arrière, on l'accroche solidement à un palan ou, de préférence, à une grue roulante (force environ 1.200 kgs, FIG. 2).

Sur certains châssis on ne peut sortir le moteur qu'après avoir enlevé la traverse avant, ce qui nécessite l'emploi d'un vérin pour écarter les longerons. On sort ensuite les cales entre traverse et longerons, on place la traverse de biais et on la retire. (Unic)

Nous préférons la grue roulante parce qu'elle permet de transporter le moteur directement à l'établi où doit être effectué le dégroupage. En ce qui concerne la levée, on procèdera doucement et avec prudence, en vérifiant si les attaches tiennent, et après avoir examiné si plus rien ne relie le moteur au châssis. Avant la levée définitive, on déterminera la position ou plutôt l'inclinaison à donner pour que le moteur sorte facilement. L'arrimer définitivement dans cette inclinaison qu'on assurera en passant un fil de fer ou un câble dans les maillons des brins de la chaîne juste au-dessous du crochet. De cette façon, on empêche le glissement de la chaîne et le basculement du moteur.

CHAPITRE II

DÉGROUPAGE — REPÉRAGE — NETTOYAGE

Pour pouvoir procéder avec le maximum de commodité au dégroupage du moteur, on le place sur un support de réparation orientable et réglable suivant l'encombrement du bloc (FIG. 3). En même temps qu'on démonte les différents organes, on vérifie le repérage, à commencer par celui de l'**embrayage**, dont le couvercle et le disque mobile sont souvent marqués pour des raisons d'équilibrage. Si ces marques ne sont pas assez apparentes, il y a lieu de les accentuer afin de pouvoir les distinguer, lors du remontage. Ces pièces sont également repérées avec le volant, ce que l'on vérifiera aussi.

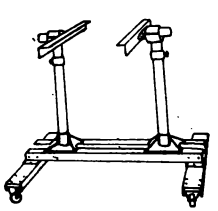


Fig. 3. — Support de moteur extensible.

Attention ! S'il s'agit d'un embrayage avec ressorts de pression du type à boudin, disposés à la périphérie, il faut se garder de placer des rondelles sous les ressorts affaiblis pour augmenter leur pression ; ceci aurait inévitablement pour effet un déséquilibrage du volant et le moteur, qui n'avait pas de vibration jusqu'alors, pourrait vibrer après la revision. A moins que l'embrayage ne présente également d'autres défauts, il suffira de répartir les ressorts en tenant compte des différences de tension. Supposez qu'il y ait 9 ressorts. Disposez-les sur un marbre comme le montre le croquis 4 *a* et montez-les en suivant la circonférence. Si vous les montez dans l'ordre représenté par le croquis 4 *b*, le disque sera appuyé plus fort d'un côté que de l'autre et l'embrayage broutera.

Le **volant** est claveté sur cône ou fixé à l'aide de vis qui peuvent être espacées irrégulièrement. Dans les deux cas, il ne peut prendre qu'une seule position sur le vilebrequin. Mais il est des montages avec fixation par vis équidistantes et dés d'entraînement disposés sur un même diamètre. En ce cas, le volant peut prendre deux positions, l'une décalée de 180° par rapport à l'autre. Il est indispensable, alors, de repérer la position, avant démontage, par un coup de pointeau sur le volant et un autre sur l'extrémité du vilebrequin, à moins que les pièces n'aient été repérées à l'usine, ce qui est généralement le cas.

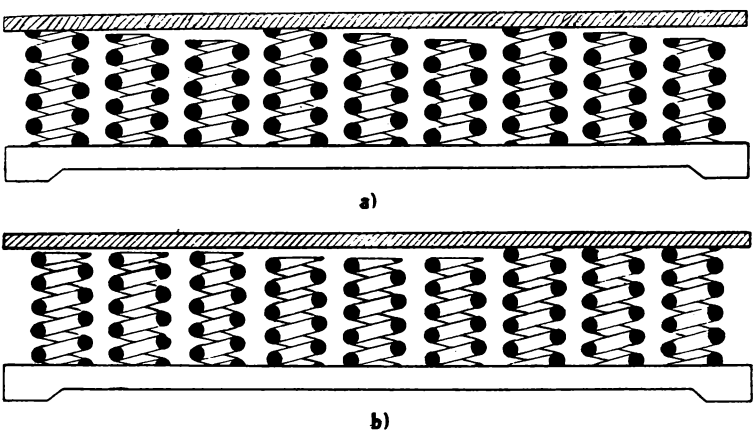


Fig. 4. — Vérification et ordre de montage des ressorts d'embrayage (a = bon; b = mauvais).

Sur beaucoup de moteurs, le volant porte également les repères de distribution, PMH, PMB, temps d'ouverture et de fermeture des soupapes, ainsi que l'avance à l'injection. Certains moteurs peuvent être repérés avec l'avance maximum et l'avance minimum (fig. 5). Il sera bon de vérifier si ce repérage concorde avec la distribution du moteur, en examinant le mouvement des soupapes. On ne sait jamais, lorsqu'un moteur arrive à l'atelier, par quelles mains il a passé et s'il n'a pas été commis d'erreur lors d'une précédente réparation. Aussi le mécanicien d'automobiles ne saurait-il s'entourer de trop de précautions.

Il arrive que le volant ne porte pas de repères, par exemple quand le premier volant a été remplacé, ou que les repères soient

illisibles. En pareil cas, on agira sagement en procédant à un repérage précis, même si le volant, encore en place, doit être changé. (Voir chapitre XIII : Calage de la distribution, page 187). S'il faut remplacer le volant, on reportera les repères de l'ancien sur le nouveau, car les volants de rechange ne sont pas repérés, en règle générale, du fait que pour un même type de moteur, le constructeur change parfois les cotes de distribution. Ce report est facile à faire, en juxtaposant les deux volants. Les volants

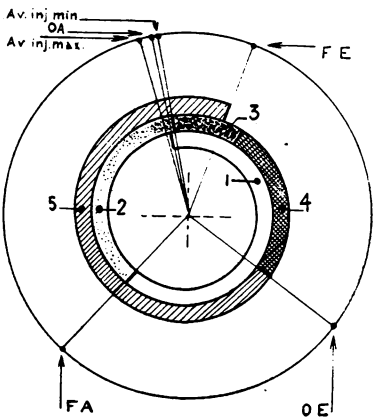


Fig. 5. — Diagramme de distribution. (Latil).

1. Admission.
2. Compression.
3. Combustion.
4. Détente.
5. Echappement

fixés par vis peuvent être enlevés aisément. Avec un morceau de bois, on exerce une légère pesée derrière le volant (les écrous ou les vis étant enlevés) pour dégager l'épaulement de centrage. Il n'en est pas de même pour ceux qui sont clavetés sur cône. Même si le volant est muni d'une gorge, ou d'un épaulement fileté, ou de trous taraudés pour la fixation d'un dispositif d'arrachage, il est parfois nécessaire de chauffer son moyeu littéralement grippé sur le cône par suite d'un blocage trop énergique. Si l'on doit chauffer, on procédera avec précaution, d'une façon uniforme et régulière, en faisant attention de ne pas chauffer le cône du vilebrequin qu'on dilaterait également.

Avant de retirer le volant, on peut vérifier, à l'aide d'un comparateur fixé comme le montre la figure 6, si le volant tourne rond et s'il est cylindrique. Le faux-rond peut provenir du fait

que le vilebrequin est faussé ce qu'il y aura lieu d'examinen attentivement lors de la revision de cette pièce.

Passons maintenant à la **distribution** que le démontage du couvercle aura mise à nu. Comme pour le volant, on procédera ici à un repérage précis des différents pignons tant en ce qui concerne la position des uns par rapport aux autres, que leur position sur les arbres, dans le cas, bien entendu, où ils ne portent pas de repères.

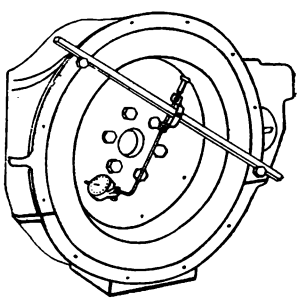


Fig. 6. — Examen du volant (faux-rond).

Contrairement à la distribution des moteurs à essence qui ne comprend, en général, que deux pignons (vilebrequin et arbre à cames), celle des moteurs à huile lourde peut comporter jusqu'à six pignons différents. Les trois principaux, et qui doivent toujours être repérés très exactement, sont ceux du vilebrequin, de l'arbre à cames et de l'arbre de commande de la pompe d'injection. Très souvent l'entraînement de ces deux se fait à l'aide d'un pignon intermédiaire.

Ce que nous avons dit plus haut à propos du montage du volant sur le vilebrequin est également vrai pour les **pignons de distribution.** Si le pignon peut prendre plusieurs positions sur son arbre (cas de l'arbre canelé, par exemple), il est indispensable de repérer la position exacte sur l'arbre. Sur la plupart des moteurs, le repérage a été fait à l'usine, mais les marques peuvent avoir disparues, si ce n'est pas un coup de marteau, de burin ou de pointeau malencontreux qui prête à confusion. Nous avons eu le cas à plusieurs reprises.

Un autre point sur lequel il convient d'attirer l'attention, est

la différenciation des deux pignons entraînant l'un l'arbre à cames, l'autre l'arbre de commande de la pompe d'injection. Ces deux pignons tournent à la même vitesse et sont dans presque tous les cas de même diamètre. Pour empêcher de les monter l'un à la place de l'autre, on peut marquer l'un de la lettre P (pompe), l'autre de la lettre C (cames) et accompagner les repères sur le pignon intermédiaire des mêmes lettres ou bien repérer par plusieurs points comme le montre la figure 7.

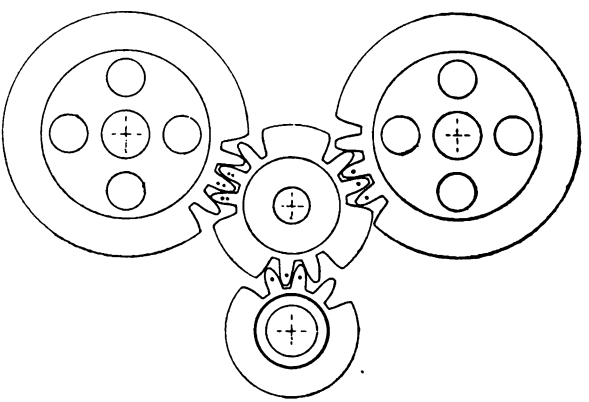


Fig. 7. — Repérage d'une distribution avec pignon intermédiaire.

Chez Citroën, les deux pignons sont identiques; ils portent sur une face les repères relatifs à l'arbre à cames; sur l'autre, du côté où le bossage du moyeu est plus long, les repères concernant la commande de la pompe. Il suffit donc de monter le pignon de l'arbre à cames avec le bossage long côté moteur, tandis que le pignon de pompe aura le bossage long vers le couvercle de distribution.

Une autre solution est celle adoptée par Peugeot, et qu'on trouve sur tous les moteurs de cette marque : le pignon d'arbre à cames est percé de cinq trous inégalement espacés. Le piston étant placé à la côte d'ouverture d'échappement, et l'arbre à cames en position d'attaque de la soupape d'échappement, on monte la chaîne sur les pignons. Une des cinq positions du pignon permet un montage correct.

Les distributions à chaîne sont à repérer comme le montre la figure 8. Sur une ligne passant par le centre du pignon, on marque un coup de pointeau à la périphérie du pignon et un autre sur le carter de distribution.

On peut également marquer la chaîne par rapport aux pignons, par exemple avec un coup de pointeau sur le pignon de vilebrequin et un sur le maillon correspondant de la chaîne, deux sur le pignon de l'arbre à cames et le maillon en face, etc., comme le montre le schéma 8.

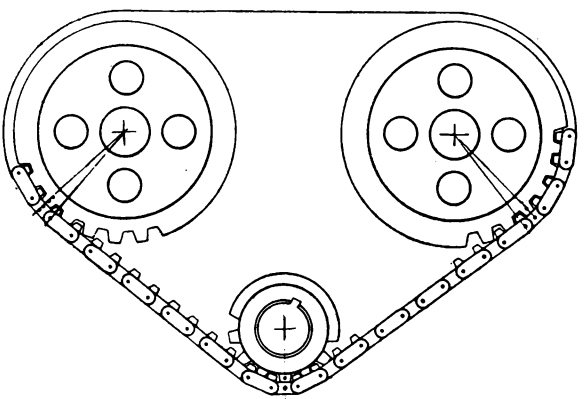


Fig. 8. — Repérage d'une distribution par chaîne.

Un exemple de distribution, qu'il nous paraît intéressant de signaler, est celui des moteurs Latil. La figure 9 illustre le repérage judicieux de cette distribution. Les pignons sont montés sur canelures repérées et le pignon de commande de pompe est entraîné par un pignon de même diamètre solidaire du pignon de l'arbre à cames lequel est entraîné par chaîne. On trouvera plus loin les particularités de réglage de ce moteur.

De toute manière, un repérage précis avant démontage, ou la vérification du repérage existant, est de la plus grande utilité, même si l'on connaît les cotes de réglage. Le repérage permet en effet un remontage plus rapide et dispense de la fastidieuse opération du calage.

(Notons que le trou de clavette pour le pignon du vilebrequin

se trouve souvent sur le même rayon que le premier maneton de sorte que le premier piston est au P M H quand la clavette se trouve en haut. Mais ce n'est pas là une règle absolue).

Avant de démonter les pignons et la chaîne, on vérifiera le jeu de la distribution et notamment le jeu d'engrènement. Ce jeu doit être au maximum de 10 à 15 centièmes, suivant le cas,

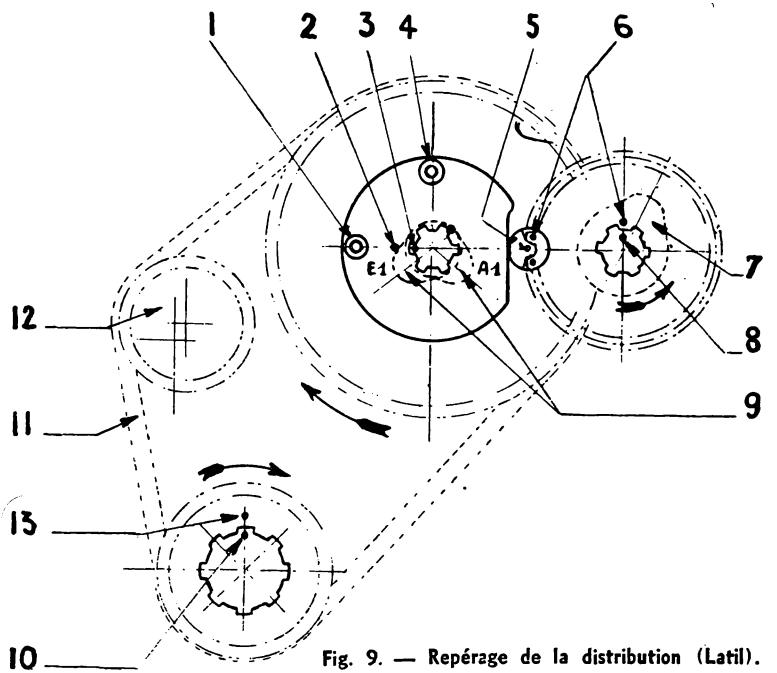


Fig. 9. — Repérage de la distribution (Latil).

1) Goupiller le moyeu et le pignon de commande des pompes d'injection au montage, après réglage des pompes.
2) Repère du moyeu de la roue à chaine
3) Repère de l'arbre à cames.
4) Goupiller la roue à chaine et l moyeu au montage après réglage de l'arbre à cames et de la chaine.
5) Repère du pignon de commande de la pompe.
6) Repère du pignon de pompe à combustible.
7) Came de la pompe d'injection du 1. cylindre; position correspondant au P M H, (avance minimum).
8) Repère de l'arbre de commande de la pompe à combustible.
9) Position des cames E1 A1 correspondant au P M H, fin de compression du cylindre N° 1.
10) Repère du vilebrequin.
11) Chaine.
12) Tendeur de chaine.
13) Repère du pignon de chaine.

et l'on mesurera à l'aide de la jauge dont on se sert pour le réglage des soupapes. Un jeu exagéré se traduit non seulement par un fonctionnement bruyant assez désagréable, mais aussi par un retard de toute la distribution.

Les pignons fous, comme p. ex. le pignon intermédiaire, peuvent avoir un jeu radial assez prononcé par suite de l'usure de la bague ou de son moyeu. En ce cas, il faut changer les pièces.

La position axiale est déterminée par des rondelles ou des cales qu'il convient de contrôler également surtout quand il s'agit de pignons hélicoïdaux, ou d'une distribution par chaîne.

Nous insistons sur l'utilité de faire toutes ces vérifications lors du dégroupage, afin de pouvoir commander à temps les pièces, au lieu d'attendre jusqu'au remontage comme le font certains mécaniciens qui s'aperçoivent alors seulement « qu'il serait tout de même préférable de monter une pièce neuve. »

En ce qui concerne la ou plutôt **les culasses**, on procédera avec précaution : Retirer d'abord les injecteurs, enlever les rampes de culbuteurs, après avoir défait, le cas échéant, les raccords d'huile, desserrer les écrous ou goujons de fixation dans l'ordre voulu, c'est-à-dire en diagonale et en alternant, ébranler à coups de maillet. S'assurer, avant de soulever la culasse, que plus rien ne la relie au groupe.

En cas de difficultés de dépose, on peut verser autour des goujons quelques gouttes de gasoil ou de dégrippant pour imbiber les dépôts charbonneux qui auront pu se former.

Souvent il faut avoir recours à un appareil de levage pour la décoller ; la grue roulante est en ce cas tout à fait indiquée.

L'ordre de dégroupage, ainsi que les précautions spéciales à prendre varient suivant le type de moteur, aussi donnerons-nous à la fin de ce volume quelques précisions à ce sujet, en indiquant les particularités de chaque type.

Le **carter** inférieur s'enlève dans la plupart des cas après dévissage des écrous ou vis de fixation. Ne jamais forcer. En certains cas, il faut démonter le filtre à huile avant de pouvoir retirer le carter. Autrement on risque de fausser la rampe d'huile. Prendre garde, surtout, de ne pas fausser ou endommager le plan de joint du carter ou de la cuve d'huile.

On passe ensuite à la pompe à huile dont il sera question plus loin ; on retire l'arbre à cames (les tringles de culbuteurs et les poussoirs ayant été enlevés précédemment et au besoin les guides de poussoirs). On peut alors démonter les chapeaux de biel-

les, généralement repérés, sortir bielles et pistons et enlever les chapeaux de paliers pour sortir le vilebrequin. Tous ces organes doivent faire l'objet d'un examen minutieux qui nécessite un nettoyage parfait.

Nettoyage. — Contrairement à une opinion très répandue, ce n'est pas un travail à confier à un apprenti ou à un manœuvre, sauf pour le groupe, les carters, les pignons et la boulonnerie. Tous les organes importants et notamment le vilebrequin, les bielles, les culbuteurs, etc. doivent être nettoyés autant que possible par le mécanicien chargé de la réparation. On comprend qu'un apprenti ou manœuvre pourra difficilement apporter au nettoyage des canalisations, perçages, trous de graissages, etc., tout le soin qu'exige ce travail.

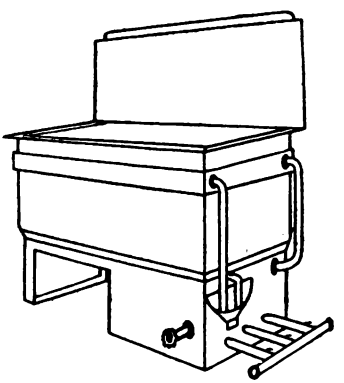


Fig. 10.
Cuve de nettoyage (Mabor).

Dans la réparation automobile, le nettoyage est pour le moins aussi important que l'ajustage. La réfection parfaite d'une ligne d'arbre peut être annihilée par l'obstruction d'un canal d'huile ou le mauvais nettoyage d'un chambrage de maneton.

Aussi, croyons-nous utile de nous étendre quelque peu sur la question du nettoyage.

Tout d'abord, quel produit faut-il employer? Nous avons déjà dit, plus haut, qu'on peut utiliser avantageusement le gasoil pour nettoyer l'extérieur du moteur. De meilleurs résultats sont obtenus avec un mélange de 5 parties de gasoil et d'une partie de dégraissant, composé de graisse soluble et de produits détergents (degreasol). On badigeonne à la brosse, on laisse imprégner pendant 10 minutes environ et on rince au jet.

Un autre procédé dit au « trempé », consiste à laisser les pièces tremper dans le bain pendant 5 à 10 heures, suivant l'épaisseur de crasse, et à rincer au jet, mais à une pression plus forte.

Le nettoyage au bain chaud réduit considérablement le temps d'immersion. Le rinçage peut être fait à haute pression (20-25 Kgs, soit la pression de la machine à laver) ou à la vapeur.

On peut se servir également de décapants, c'est-à-dire des lessives spéciales concentrées. N'employez, toutefois, que des produits n'attaquant pas les métaux, notamment les alliages d'aluminium.

Un produit qui donne d'excellents résultats est le trichloréthylène, mais il ne convient que pour des pièces de forme régulière ne comportant pas d'alvéoles. Ce n'est pas le cas des carters par exemple, où il reste toujours du liquide lorsqu'on retire les pièces; ce liquide est alors perdu. On peut évidemment nettoyer à chaud; le liquide porté à ébullition se dépose sur les pièces sous forme de vapeur qui se condense et coule en dissolvant et entraînant les matières grasses. Ce procédé est intéressant par son efficacité et sa rapidité; en outre, il laisse les pièces sèches à la sortie du bain. La vaporisation du trichloréthylène demande très peu de chaleur; son emploi est facile et sans danger et le procédé est tout indiqué lorsqu'on veut faire l'économie d'une installation de chauffage compliquée.

Il faut avoir, naturellement, une cuve de dimensions suffisantes : environ 1200×800×800 mm. où les différents organes, excepté les pièces très volumineuses sont placées sur un tamis.

Enfin dans les grands ateliers, où l'on peut disposer constamment de vapeur, on emploie le nettoyage à la vapeur, celle-ci étant projetée par le pistolet. Aucun autre système ne permet de nettoyer aussi économiquement, rapidement et efficacement. La vapeur touche les endroits les moins accessibles, elle n'attaque pas la peinture et comme les pièces sèchent aussitôt, il n'y a pas de risque d'oxydation. La pression est d'environ 5-6 kgs.

Un dernier conseil : Servez-vous le moins possible de chiffons ou de coton d'essuyage; il reste toujours des brins de fil qui peuvent s'agglomérer et obstruer une canalisation.

CHAPITRE III

GRAISSAGE ET REFROIDISSEMENT

Si nous traitons ces deux sujets dans le même chapitre, c'est qu'en réalité l'huile ne sert pas uniquement à éviter le frottement métal contre métal, mais aussi à évacuer les calories, donc à refroidir le moteur. Pour cette même raison le système comprend, dans de nombreux cas, un radiateur d'huile analogue au radiateur d'eau.

Pompe à huile. — Que celle-ci soit simple, double ou triple, elle est toujours, dans les moteurs à huile lourde, du type à engrenages. On connaît le principe de fonctionnement : Dans un boîtier étanche sont logés deux pignons, dont un est solidaire d'un arbre qui reçoit son mouvement d'un organe du moteur, en l'occurrence l'arbre à cames. Le second pignon est monté fou sur son axe et entraîné par le premier. Les deux tournent donc en sens contraire. Une entrée d'huile étant prévue en E, l'huile qui remplit l'espace entre les dents et la paroi du boîtier est entraînée par le déplacement des dents et forcée du côté opposé, en S, dans le conduit de refoulement.

De la constitution même de la pompe découlent les conditions auxquelles elle doit satisfaire. Il convient donc de vérifier les points suivants : (fig. 11 *b* et *c*.)

1° la distance entre la paroi du boîtier et l'extrémité des dents. Il faut que les dents passent aussi près que possible de cette paroi. L'écart normal est de l'ordre de 1/10 de millimètre au maximum;

2° le jeu axial des pignons peut être légèrement supérieur : 0.15 mm environ. La distance entre les surfaces droites du boîtier sera donc égale à la hauteur des pignons plus le jeu de fonctionnement;

3° le jeu radial du pignon fou sur son axe et le jeu de l'arbre du pignon fixe sont à limiter également. En cas de jeu excessif, les pignons se déplacent radialement et le débit au lieu d'être continu, devient saccadé. Il se produit des pulsations que le manomètre signale par l'affolement de l'aiguille.

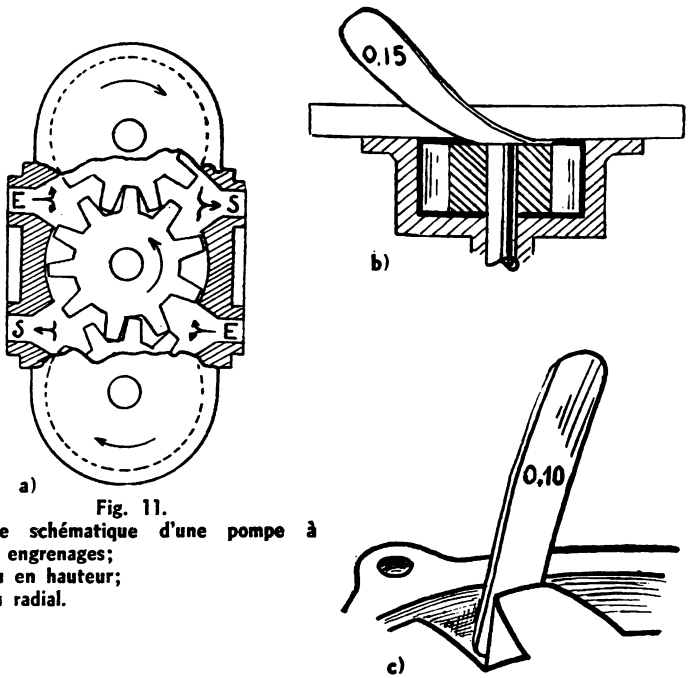


Fig. 11.
a) Vue schématique d'une pompe à engrenages;
b) Jeu en hauteur;
c) Jeu radial.

En ce qui concerne le jeu entre dents des pignons, il est sans grande importance, puisque le pignon menant appuie constamment contre le pignon mené. Donc vérifier soigneusement et avec toute la précision nécessaire les autres jeux et l'état des surfaces qui ne doivent présenter ni sillons ni rayures, sans quoi il est nécessaire de remplacer les pièces.

En cas de montage de pignons neufs, ceux-ci sont généralement à rectifier pour enlever les bavures. Veiller à ce qu'ils ne forcent pas à l'engrènement, ce qui proviendrait d'un jeu entre dents insuffisant, qu'on pourra augmenter également à la lime. On utilisera de préférence une lime en carborundum.

Bagues, douilles et rondelles sont à remplacer également en cas de jeu excessif.

Beaucoup de mécaniciens, lorsqu'ils examinent la pompe à huile, se contentent de voir si elle tourne librement, s'il n'y a pas de « dur ». Cela ne suffit pas. Certes, les pignons doivent tourner sans résistance anormale, mais il ne faut pas non plus qu'ils soient trop libres. Aussi insistons-nous pour que la pompe soit vérifiée et ajustée avec le maximum de précision. L'épaisseur du joint entre boîtier et couvercle a une grande importance, puisque le jeu axial des pignons en dépend. C'est un joint en papier très mince, ce qui exige des faces parfaitement rectifiées.

Commande de la pompe. — Pour bien souligner l'attention qu'exige le montage de cette commande, nous ne saurions mieux faire que de signaler le cas suivant : Un moteur a été l'objet d'une revision complète avec remplacement du carter, cassé. Aux essais après remontage, on constata qu'il était un peu dur, ce qu'on attribuait au fait qu'il n'était pas encore rodé. La voiture fut livrée au client qui revint avec les quatre bielles coulées avant d'avoir fait 100 km.

Accident dû à une absence totale de graissage : Le carter correspondait bien au groupe, mais les pignons de l'arbre de pompe et de l'arbre à cames ne tombaient pas en face, et le pignon de l'arbre de pompe fut complètement détérioré au bout d'un très court temps de fonctionnement.

Cet exemple prouve à quel point il faut faire attention, même quand on remonte des pièces neuves.

Filtres et canalisations. — Tous les filtres montés dans le circuit de graissage doivent être nettoyés soigneusement dans l'essence. Les éléments filtrants trop colmatés sont à remplacer. Sur certains moteurs, la totalité de l'huile refoulée par la pompe passe dans le filtre placé à l'extérieur et qui sert en même temps de réfrigérateur. Il saute aux yeux que ce filtre ne doit pas opposer une résistance excessive au passage de l'huile.

Le premier filtre que l'huile doit traverser sur son circuit, est le tamis avant l'entrée dans la pompe. Il ne peut arrêter les impuretés que s'il ne présente pas de défauts, déchirures, etc. Autrement, si la pompe est noyée, une impureté pourra passer et

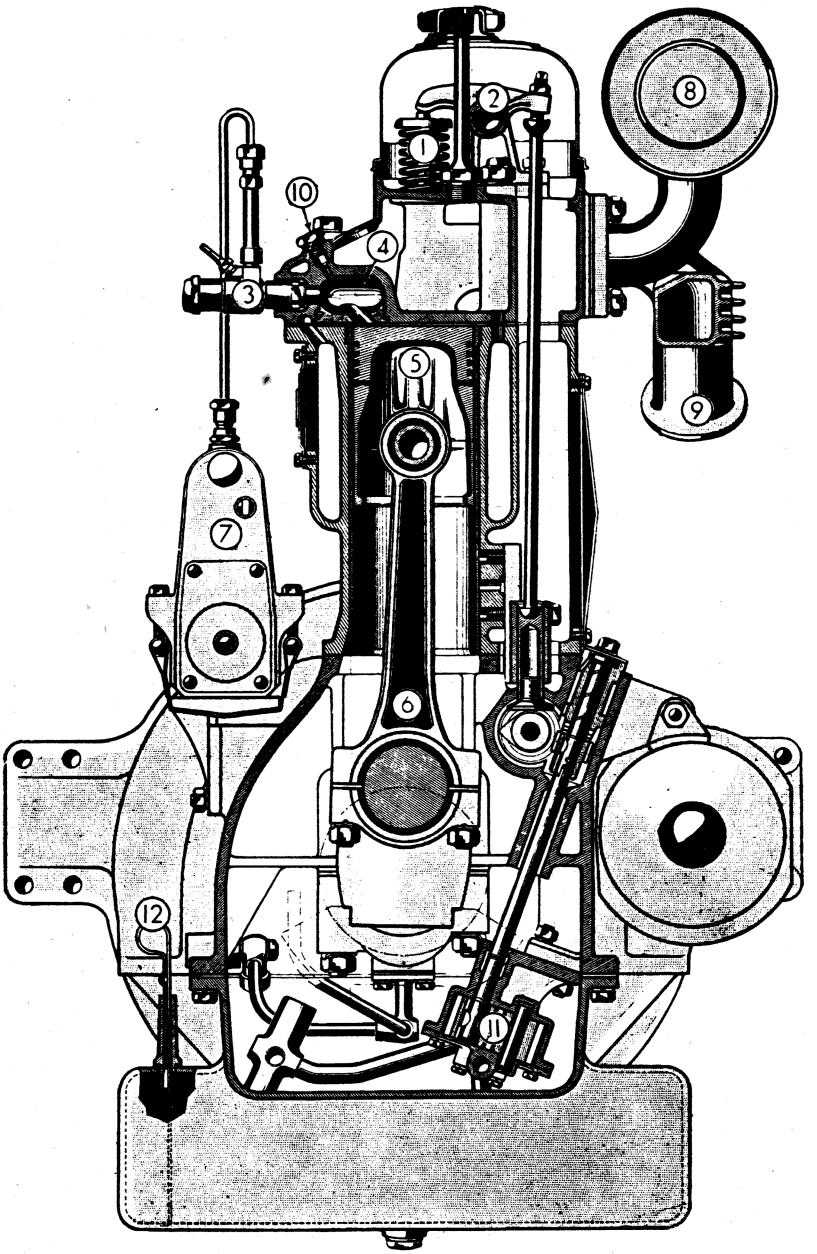


Fig. 12. — Coupe transversale d'un moteur Berliet (vue de la pompe à huile).

risquera soit de rayer la pompe, soit de coincer le clapet, soit de boucher une canalisation.

Quant aux canalisations mêmes, le seringage n'est pas une précaution suffisante. Le mieux est de passer un jonc.

La rampe d'huile, en tube de cuivre, doit être l'objet d'un examen minutieux. Vérifier s'il n'y a pas d'oxydations. Celles-ci rongent le métal et peuvent provoquer une fuite d'huile qui, si elle survient en pleine marche, cause généralement un accident grave. Donc bien nettoyer la rampe et l'essayer sous une pression sensiblement supérieure à la pression de graissage du moteur.

Vis calibrées. — Dans certains moteurs, le graissage des différents organes est judicieusement dosé par des vis-raccords calibrées et repérées, qu'il convient de remonter exactement à leurs places respectives. Si elles sont garnies d'un petit feutre, celui-ci ne doit pas être retiré.

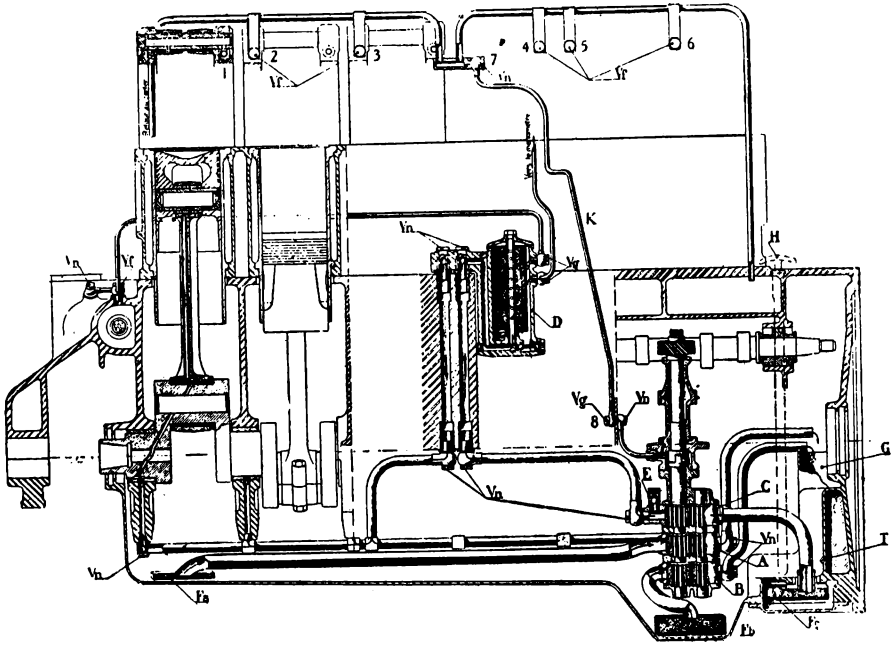
Un autre moyen consiste à insérer dans les canalisations de petites bagues calibrées (voir fig. 14).

Un point qui mérite attention est ce que nous appellerons « l'étanchéité aux terminus ». La rampe des culbuteurs, par exemple, est percée dans son axe et fermée en bout par pastilles. Il va de soi que cette obturation doit être parfaitement étanche. De même les rondelles de retenue et bagues antifuite doivent être en parfait état et orientées convenablement.

Clapet de décharge. — Plusieurs points sont à vérifier, notamment son réglage, la tension du ressort, le coulissement du clapet. De toute façon, il y a lieu, quand on démonte le clapet, de compter le nombre de tours de la vis de réglage, afin de pouvoir revisser celle-ci de la même quantité, au remontage, surtout quand le clapet n'est pas réglable de l'extérieur.

Le réglage correct du clapet est particulièrement important quand la surcharge sert au graissage de la distribution (p. ex. Bernard-Gardner) au lieu de retourner directement dans le carter.

D'autres moteurs ont deux clapets, un à l'entrée du filtre-refroidisseur extérieur et qui retourne l'excès vers le carter, un



A. Pompe de vidange de l'AV du carter.
B. Pompe de vidange de l'AR du carter.
C. Pompe de graissage.
Fa. Filtre de vidange AV.
Fb. Filtre de vidange AR.
Fc. Filtre à l'aspiration de la pompe de graissage.
D. Filtre extérieur en série dans la canalisation de graissage.

Vn. Vis creuse normale.
Vg. Vis creuse avec gicleur.
Vf. Vis creuse avec feutre.

E. Soupape de décharge.
T. Trou de communication entre réservoir d'huile et carter.
G. Réservoir d'huile.
H. Jauge d'huile.

Fig. 13.
Schéma de graissage (Unic).

second, qui règle le graissage des culbuteurs, de leurs tiges et de leurs poussoirs (Hercules).

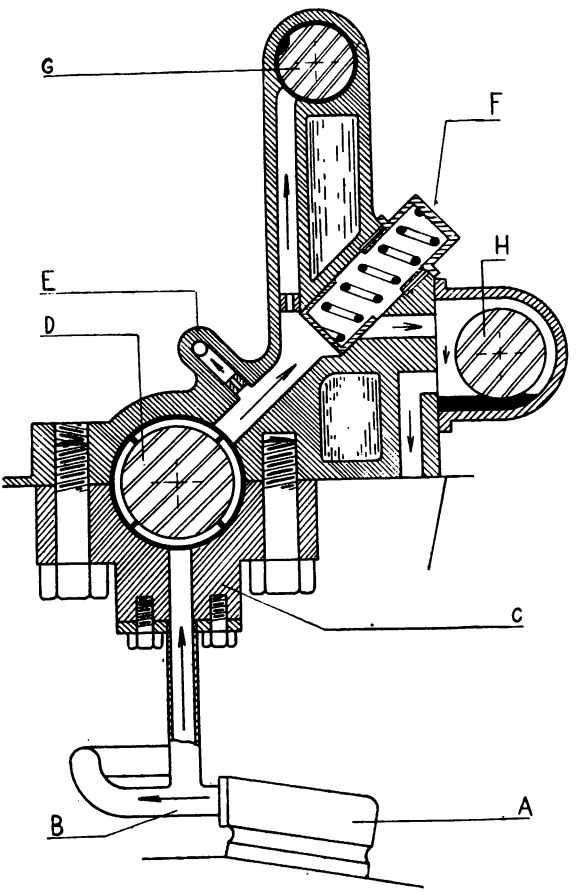


Fig. 14. — Coupe d'un clapet de décharge (Peugeot).

A. Pompe.
B. Rampe de graissage.
C. Palier.
D. Vilebrequin.
E. Tendeur de chaine.
F. Bouchon de clapet.
G. Arbre à cames.
H. Arbre de pompe.

Un mot également au sujet du reniflard qui débouche soit à l'air libre, soit dans la tuyauterie d'admission d'air du moteur. Le reniflard ne doit jamais être obstrué; cela provoquerait en effet des surpressions dans le carter, pouvant entraîner une consommation d'huile exagérée par suite de fuites par le palier arrière, surtout quand celui-ci a un jeu exagéré.

Quant aux canalisations du vilebrequin et des bielles, le lecteur trouvera à la page 59, tout ce qui concerne leur examen au point de vue du graissage.

***

Le refroidissement dépend du fonctionnement du ventilateur et de la pompe, de l'état du radiateur et de la circulation dans les chambres d'eau.

Ventilateur. — Très souvent, le ventilateur est monté sur l'arbre de pompe; mais il existe également un grand nombre de moteurs avec pompe séparée, montée sur le côté du groupe, parfois vers l'arrière de celui-ci.

Deux points sont à vérifier : l'alignement des poulies et la tension de la courroie. Un défaut d'alignement peut causer une usure prématurée de la courroie, au même titre que la tension exagérée. Celle-ci a un autre inconvénient : elle soumet l'arbre et ses paliers (bagues ou roulement) à des efforts supplémentaires. La courroie trapézoïdale, universellement employée aujourd'hui, assure de par sa forme une adhérence suffisante sans tension; elle doit même présenter un peu de « mou », comme le montre la figure 15. En raison de la vitesse de rotation du ventilateur, le graissage de l'arbre ne doit pas être négligé. Les roulements sont à garnir de graisse spéciale avant montage. Veiller également à la fixation des pales et à l'inclinaison, c'est-à-dire au pas, de celles-ci.

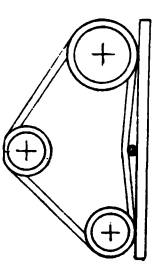


Fig. 15. — Tension de la courroie.

Pompe à eau. — L'arbre tourne généralement dans deux roulements à billes. L'étanchéité du côté de la turbine est assurée soit par un presse-étoupe en tresse graphitée ou suiffée, soit une bague ou garniture de friction appuyée par un ressort.

Dans les pompes à presse-étoupe, celui-ci doit toujours être enroulé dans le sens du filet de l'écrou de serrage. Autrement dit, si cet écrou serre à droite, la tresse aussi doit être enroulée à droite. Si l'arbre tourne sur deux roulements, ceux-ci doivent être

garnis de graisse à roulement de même que l'espace qui les sépare.

L'arbre peut également tourner dans des bagues. En ce cas, il doit être libre, mais sans jeu excessif. Un montage libre est nécessaire pour éviter le grippage de l'arbre, car le graissage se fait dans des conditions difficiles, bien que l'arbre soit rectifié et traité et que sa surface parfaitement lisse offre peu de prise à l'attaque de l'eau.

Il ne faut jamais employer de chanvre pour faire le presse-étoupe. On trouve aujourd'hui dans le commerce de la tresse préparée qui convient parfaitement, tandis qu'un joint en chanvre nuirait au bon fonctionnement de la pompe.

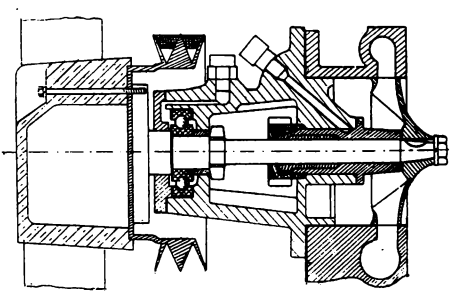


Fig. 16. — Pompe à eau (Saurer).

Au réassemblage de la pompe, il convient de veiller au montage correct des différentes rondelles. Vérifier également les conduits de graissage.

Radiateur. — Celui-ci peut présenter deux défauts : les fuites et l'entartrage. L'obturation des fuites est un travail de spécialiste; cependant il peut se produire de petites fuites qu'un mécanicien habile aveuglera sans difficulté. Le plus difficile est de les localiser exactement, ce qu'on fait en comprimant de l'air dans le radiateur et en immergeant celui-ci, comme on fait pour une chambre à air. Il existe également des préparations spéciales qui, versées dans l'eau chaude, colmatent les petites fissures. On laisse le moteur tourner pendant quelque temps pour que le produit circule et se dépose aux endroits de fuite.

Quant au détartrage, seul un lessivage avec une solution de

soude, ou un solvant approprié donne des résultats. Encore ne faut-il employer que des produits non corrosifs.

Chambres d'eau. — Beaucoup de moteurs comportent des plaques de désablage qui ferment les chambres d'eau. En ce cas, de même qu'avec des chemises amovibles, le nettoyage des chambres d'eau par grattage est très facile. Mais même s'il n'y a pas d'autre accès que les orifices d'entrée et de sortie d'eau, et les trous de passage vers la culasse, il est possible de gratter l'intérieur avec un fil d'acier. On peut d'ailleurs verser dans le groupe, après obturation des orifices, une solution dissolvante appropriée qu'on laissera agir pendant le temps nécessaire. Il n'est pas inutile, après ce nettoyage, de verser du pétrole dont l'infiltration révèlera, le cas échéant, les fissures et les fuites aux pastilles de désablage.

Thermostat. — La seule chose qu'on puisse être appelé à vérifier au thermostat, c'est le fonctionnement des articulations quand il commande des volets, ou la portée du clapet sur son siège, lorsqu'il s'agit d'un appareil à obturation.

Robinets de vidange ou de réamorçage. — En cas de fuite des robinets, on peut rectifier les portées par un rodage avec du produit à polir.

Mais il faut vérifier s'il n'y a pas un bourrelet à la base, et s'il reste un petit vide du côté de la petite base du cône.

CHAPITRE IV

CYLINDRES ET PISTONS

On entend souvent dire que le moteur à huile lourde s'use plus vite que le moteur à essence. Rien n'est plus faux que cette affirmation. Pour les deux moteurs, c'est uniquement une question d'entretien et nous avons vu des moteurs à essence « morts » au bout de 30.000 km., et des Diesel ayant 180.000 km. sans réparation. Ce n'est pas le moteur qui s'use, c'est le conducteur qui l'use.

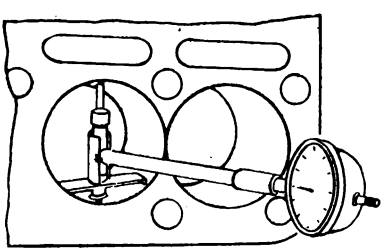


Fig. 17.
Vérification du cylindre au comparateur.

Examen du groupe. — Le groupe étant bien nettoyé, on l'examine attentivement afin de voir s'il ne présente pas de fissures, fentes ou autres avaries relevant de la compétence du soudeur.

L'usure des fûts est mesurée ensuite à l'aide du comparateur (Fig. 17). Il ne suffit pas de vérifier avec l'ongle du doigt s'il y a ou non un cordon en haut et de regarder vaguement si le cylindre est rayé. Les fûts peuvent être usés de plusieurs manières, en oval, en cône ou obliquement. Il arrive même que l'usure soit plus prononcée à mi-hauteur qu'aux points morts.

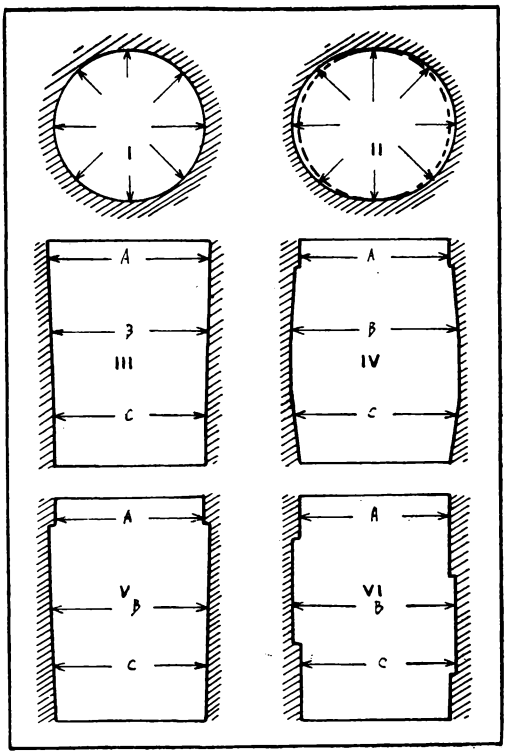


Fig. 18. — Usure et mensurations du cylindre.

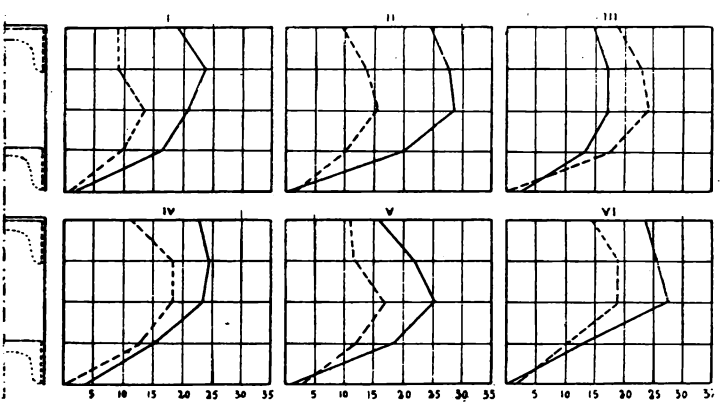


Fig. 18 a. — Représentation graphique de l'usure des cylindres.

Aussi conseillons-nous au mécanicien de procéder de la manière suivante : Mesurer dans chaque cylindre le diamètre dans le sens de l'axe de piston, à l'extrémité supérieure du fût, puis à différentes hauteurs plus bas, à des points distants l'un de l'autre du quart de la course, et enfin au P M B. Porter ces mesures sur un papier quadrillé pour établir un graphique comme le présente la figure ci-contre et dont nous avons déjà parlé au chapitre I. Mesurer de la même façon les différents diamètres perpendiculaires, et relever ainsi les cotes de tous les cylindres. (Voir figure 18.)

On pourrait objecter que c'est là une méthode beaucoup trop longue pour se rendre compte s'il faut faire rectifier ou rechemiser un cylindre ou non. Mais le but est moins de déterminer la nécessité de la rectification que de relever les anomalies qui ont causé l'usure et de permettre certains rapprochements comme nous l'avons expliqué page 9.

Examinons de près les graphiques ci-contre. Qu'y remarquons-nous?

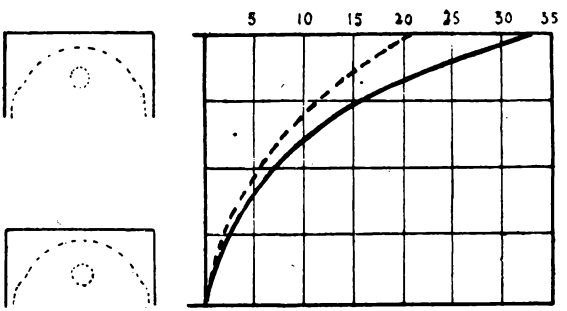


Fig. 19. — Graphique montrant l'usure normale.

Le trait plein se rapporte aux diamètres perpendiculaires à l'axe, c'est-à-dire dans le sens de basculement du piston. Nous voyons d'abord que les deux derniers cylindres sont beaucoup plus usés que les quatre autres. Sans doute leur graissage et peut-être leur refroidissement laissent-ils à désirer. Par ailleurs, tous les cylindres se caractérisent par une usure considérable à mi-hauteur alors que l'usure normale d'un cylindre se traduit par la courbe de la figure 19, allant progressivement d'un mi-

nimum au PMB à un maximum au PMH. L'usure en « tonneau » peut s'expliquer par la présence dans les cylindres d'une pâte abrasive à laquelle le piston sert de support ou de véhicule. Si l'air aspiré par le moteur est insuffisamment épuré, des poussières peuvent pénétrer à l'intérieur et finir par se déposer au-dessous des segments, c'est-à-dire à un endroit du piston qui est encore assez largement lubrifié, et former avec cette huile et les dépôts charbonneux cette pâte abrasive dont on peut constater les méfaits.

Sur le diamètre parallèle à l'axe, le troisième cylindre montre également une usure anormale, dont la cause réside probablement en un manque d'équerrage de la bielle.

Théoriquement l'usure aux abords des points morts devrait être insignifiante; en fait, c'est le cas pour le point mort bas, mais au point mort haut il se produit un basculement d'autant plus violent que le jeu des segments et l'usure des cylindres sont plus prononcés.

Il est utile, également, de connaître la dureté aux différents points de la paroi. Car celle-ci peut n'être pas la même pour toute la surface.

Remise en état du cylindre. — Le moteur à huile lourde, pour des raisons connues, est plus sensible au manque de compression que le moteur à essence. Aussi convient-il de procéder à la remise en état avant que l'usure n'atteigne un degré tel que le rendement du moteur s'en ressente sérieusement. Même si le moteur tire encore bien à 100.000 km., il eût été sage de revoir les cylindres à 80.000 km.

Le procédé de remise en état d'un groupe varie suivant la réalisation de celui-ci. S'il s'agit d'un groupe avec cylindres venus de fonderie, la rectification par un des moyens actuellement employés est le seul remède. Notons ici que malgré la faveur de la machine à outil unique, la rectification à la meule planétaire est encore très répandue. (Nous ne nous étendrons pas sur ces procédés, dont l'étude sortirait du cadre de cet ouvrage.)

De nombreux moteurs à huile lourde pour véhicules ont des chemises rapportées; chemises sèches dans les uns, chemises noyées dans les autres. Les chemises sèches sont toujours em-

manchées dur. Elles ont souvent traitées (nitruration ou autre) mais la couche dure obtenue est de faible épaisseur et ne permet pas dans tous les cas la rectification. Il n'y a d'autre solution, alors, que de réduire les anciennes chemises par meulage pour emmancher les neuves à la place. C'est en somme une remise à neuf du groupe, avec rétablissement de la côte d'origine.

Quant aux chemises noyées, elles sont emmanchées dur ou libre. Cette dernière solution est la plus répandue. L'étanchéité est obtenue à l'aide de joints appropriés dont nous parlerons plus loin. La chemise libre est d'un remplacement facile, en cas d'usure. Il suffit de la retirer du groupe et de monter la neuve

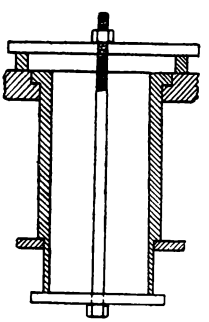


Fig. 20.
Démontage d'une chemise.

à la place. Il arrive qu'elle soit collée et que son retrait présente quelque difficulté. On dispose, en ce cas, deux règles sur le groupe; en travers de ces règles, on place une traverse percée d'un trou dans lequel passe une tige filetée solidaire d'une plaque circulaire disposée en dessous du bord inférieur de la chemise (Voir figure 20). En serrant l'écrou on décolle le fût. Ce dispositif n'est pas suffisant pour le retrait des chemises noyées emmanchées dur.

Montage des chemises neuves. — Plusieurs facteurs sont à considérer. Examinons-les :

Orientation. — Souvent les chemises comportent une ou deux entailles pour le passage de la bielle. Si la chemise ne comporte pas de repère à sa partie supérieure, il faut tracer sur le bord des marques sur un diamètre parallèle au diamètre passant par

la ou les entailles. Pour repérer l'orientation exacte, on peut coucher la chemise dans un support en V et on reporte le repère sur la génératrice à l'aide d'un trusquin (Fig. 21). Si la chemise comporte deux passages, il suffit de la placer de manière que les passages soient exactement dans un plan transversal. Mais s'il n'y a qu'une entaille, ce qui est le cas sur les moteurs désaxés, l'entaille doit être placée du côté droit (le moteur étant regardé du siège du conducteur). Il en est de même quand il y a deux entailles de hauteur différente. La plus haute doit se trouver à droite.

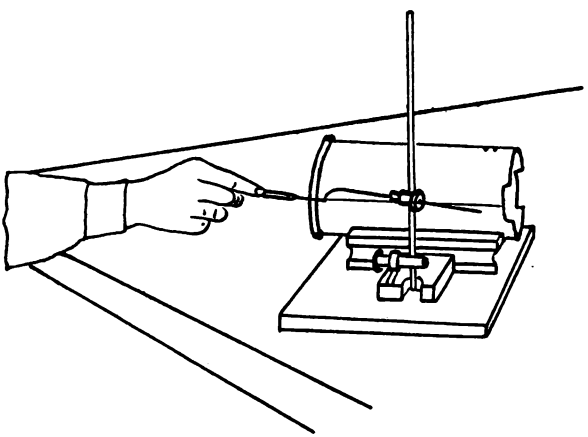


Fig. 21. — Traçage de la chemise en vue de son orientation.

D'autre part, quand les chemises sont pourvues d'entailles, la semelle supérieure du groupe porte des repères. Les chemises de rechange d'origine, c'est-à-dire fournies par le constructeur du moteur sont, elles aussi, repérées.

En général, les chemises des moteurs à huile lourde descendent assez bas dans le carter pour assurer un parfait guidage des pistons qui sont beaucoup plus longs que les pistons des moteurs à essence.

Souvent elles sont numérotées en partant du premier cylindre; en cas d'usure ou d'avarie, on change la chemise avec le piston.

Affleurement. — Les chemises noyées libres, qui sont maintenues en place par le serrage de la culasse doivent, pour que ce serrage s'exerce efficacement sur la chemise et qu'ainsi le joint

d'étanchéité à la collerette inférieure soit comprimé, dépasser légèrement le plan de joint supérieur du groupe. Cette cote varie suivant le moteur, de 5/100 à 3/10 avec tolérance 1 à 2/100. Pour la mesurer, on dispose sur la collerette de la chemise une règle de précision portant bien à plat; entre la règle et la face du groupe on introduit une cale d'épaisseur, contre le bord de la chemise, étant bien entendu que la face supérieure est parfaitement lisse. Vérifier la cote sur toute la périphérie de la collerette de la chemise.

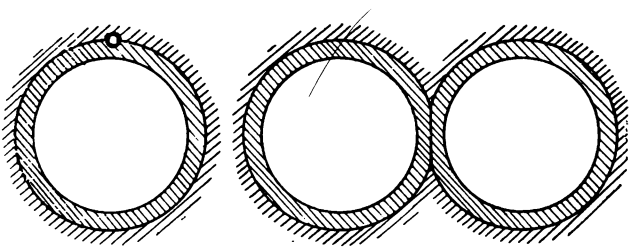


Fig. 22. — Immobilisation des chemises :
a) par vis entre cuir et chair;
b) par bords fraisés.

Verrouillage. — Il peut être utile de verrouiller la chemise pour en empêcher la rotation. Ce verrouillage peut être assuré par un bonhomme ou par une vis entre cuir et chair. Un diamètre de 5 mm suffit. On peut également fraiser les bords de la collerette suivant une ligne droite comme le montre le croquis (figure 22).

Position des goujons. — Si les goujons sont disposés à proximité du logement de la collerette, il est utile de limer celle-ci légèrement à l'endroit des goujons, pour éviter toute compression radiale.

Voici, maintenant, à titre d'exemples, quelques indications relatives au montage des chemises de différents moteurs :

Citroën : chemises sèches emmanchées dur. Ne doivent pas être rectifiées ni glacées, la couche traitée n'ayant que quelques centièmes d'épaisseur. Des rayures jusqu'à 2/100e peuvent être reprises à la pierre.

Signalons que la face d'un groupe avec chemises emmanchées dur doit être dressée après emmanchement.

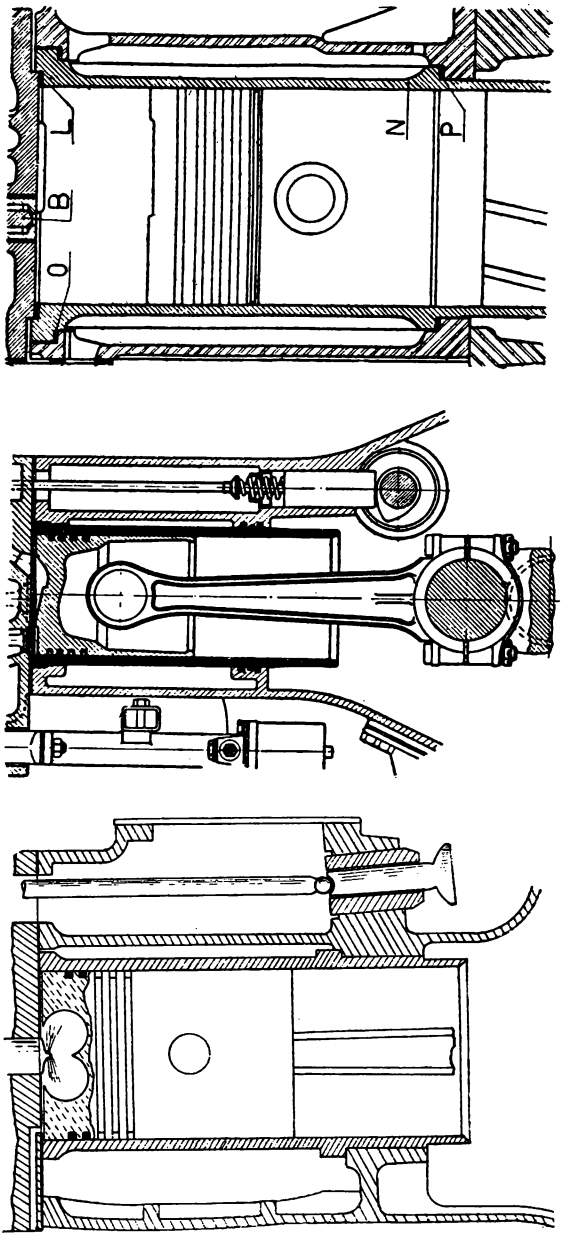


Fig. 23 à 25. — Trois montages différents de chemises noyées (Saurer, Kämper, Unic).

Renault : chemises sèches en fonte spéciale, emmanchées à chaud à la presse avec frottement sur toute la longueur. Il existe également des moteurs avec chemises noyées.

Saurer : chemises noyées avec collerette d'appui en bas, reposant sur une rondelle d'épaisseur en aluminium. Pour le démontage on peut la chasser à petits coups de marteaux par l'intermédiaire d'un morceau de bois et d'un fer plat posé en travers de la face inférieure de la chemise. Avant remontage on enduit l'alésage du carter de centrage avec un bon produit d'étanchéité, en faisant attention à n'en pas mettre sur la face d'appui. La rondelle d'épaisseur en aluminium étant engagée sur le fût contre la collerette inférieure, on présente la chemise en ayant soin de bien disposer la facette d'orientation; enfoncer la chemise à petits coups de marteau sur un morceau de bois interposé. La chemise étant placée bien à fond, vérifier avec une règle qu'elle dépasse le plan de joint supérieur de 0,2 mm environ et qu'elle ne touche ni le carter cylindre ni les chemises voisines.

Unic : Les chemises, nervurées extérieurement reposent par deux joints métalloplastiques sur deux épaulements du groupe. Des points de repère d'orientation sont marqués, un sur la collerette, l'autre sur le groupe. Chaque chemise comporte en haut une légère saignée circulaire dans laquelle s'emboîte la culasse avec interposition d'un joint en cuivre, qui peut être réutilisé; en ce cas il faut veiller à ce que le joint laisse sur son pourtour 4 à 5/10e de jeu. Sans quoi on risque, par suite de surépaisseur lors du serrage, la rupture de la collerette de la chemise.

L'étanchéité en bas est parfois assurée par des anneaux de caoutchouc logés dans des gorges circulaires, soit de la chemise, soit de l'épaulement du carter. Pour faciliter le glissement lors du montage de la chemise, on enduit les anneaux d'un peu de savon noir. (Voir figures 23, 24 et 25.)

Vérification des plans de joint. — Bien que cette question soit plutôt du domaine du spécialiste rectifieur, nous tenons à en dire quelques mots. Quelle que soit la conscience professionnelle du rectifieur, elle ne saurait dispenser le mécanicien de vérifier le travail avant de procéder au remontage. Ce qui importe

c'est moins le parallélisme des plans de joints supérieur et inférieur que la perpendicularité absolue des fûts par rapport à la ligne d'arbre. L'obliquité d'un cylindre dans le plan longitudinal du groupe annihile les effets de l'équerrage des bielles. Or, la ligne d'arbre est toujours parallèle au plan de joint inférieur, et on se base sur celui-ci pour caler le groupe à réaléser. On peut donc, si le groupe et le carter supérieur sont d'une pièce, vérifier d'abord si la plan supérieur (où se place la culasse) est parallèle

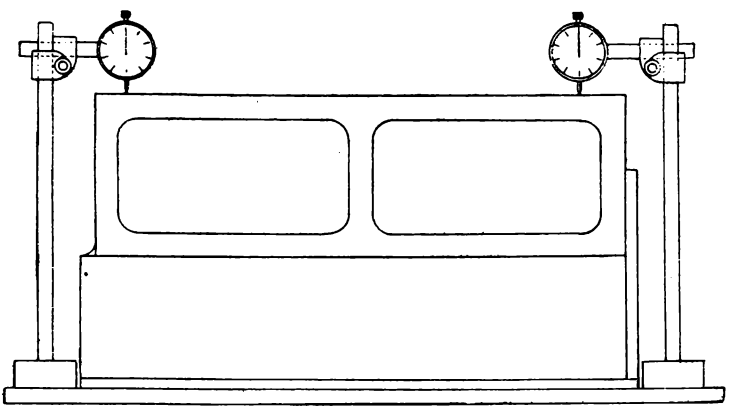


Fig. 26. — Vérification des faces du groupe.

au plan inférieur. Cette vérification se fait sur un marbre rectifié, en plaçant au besoin le groupe sur deux règles de précision de même hauteur (fig. 26); avec un trusquin ou, ce qui est préférable, avec un comparateur, on vérifie la hauteur aux deux extrémités du plan supérieur. Elle doit être partout la même. Les fûts doivent être perpendiculaires au plan supérieur. Si au contraire le plan supérieur est incliné par rapport au plan inférieur, on détermine la valeur angulaire de cette inclinaison, et on fait la correction sur un rapporteur d'angle, à vernier, si possible (1). Supposons que nous trouvions un angle de 2°

(1) On calcule l'angle à l'aide de la formule suivante .

$$\alpha = \frac{43.6 \times d}{L}$$, dans laquelle

L = la distance entre les deux points mesurés.
α = l'angle en degrés
d = la différence de hauteur constatée

(chiffre exagéré à dessein). Nous réglons le rapporteur à 2° et nous vérifions les différents cylindres qui devront tous avoir 2° d'obliquité. Sans quoi ils ne sont pas perpendiculaires au plan inférieur.

Le plan supérieur peut se trouver à la même hauteur aux extrémités et être plus haut au milieu. Les cylindres sont alors en éventail. Une règle de précision posée sur le plan, dans le sens de la longueur, révèle ce défaut.

Si nous nous sommes quelque peu étendu sur cette question, c'est parce que les jeux de montages et surtout les tolérances sont de plus en plus faibles, tandis qu'avec des groupes aussi encombrants que le sont ceux des moteurs à huile lourde, des déformations sensibles peuvent toujours se produire.

Centrage des cylindres sur le carter. — Un autre point qui demande l'attention est le centrage correct des cylindres, lorsque le groupe et le carter supérieur sont séparés. Tout mécanicien sait que la position du groupe ne peut pas être déterminée avec la précision nécessaire par les goujons de fixation en raison du jeu entre les goujons et les trous. On prévoit donc, pour poser le groupe exactement à sa place, des trous de centrage dans la semelle du groupe et le carter, qu'on fait coïncider à l'aide d'une goupille conique. Quelquefois le centrage est assuré par les fûts qui s'engagent dans les alésages correspondants du carter dans lequel ils plongent assez profondément.

On ne devrait jamais hésiter à rectifier les cylindres ou du moins à rattraper l'usure au rodoir si elle est faible, et à supprimer le cordon supérieur, chaque fois qu'on refait la ligne d'arbre; pour des raisons évidentes, un moteur relativement silencieux avant réfection de la ligne peut devenir très bruyant, si l'on ne retouche pas les cylindres. L'équipage étant plus dur, le basculement du piston sera plus violent, sans compter que le segment coup de feu peut également toucher le cordon.

En raison de la précision avec laquelle il faut régler l'affleurement ou le désaffleurement (suivant le cas) du piston au PMH dont il sera d'ailleurs question plus loin, il faut respecter scrupuleusement la cote indiquée par le constructeur en ce qui concerne le joint entre le carter supérieur et le groupe. On emploie

généralement un joint de papier de faible épaisseur. (Latil : 0,3 mm par exemple.)

Démontage des pistons. — Il peut être nécessaire de retirer les pistons, sans qu'on ait à procéder au dégroupage complet du moteur, par exemple pour remplacer un piston grippé ou une bielle coulée. Comme l'enlèvement de la culasse est un travail fastidieux, on a intérêt à sortir le piston par en bas. Dans beaucoup de moteurs, ce démontage est possible en plaçant le maneton à environ 45°. En principe, nous ne recommandons pas cette manière de faire, surtout lorsqu'il s'agit d'un coulage de bielle qui peut avoir occasionné une obstruction de la canalisation dans le vilebrequin.

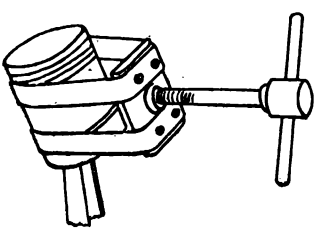


Fig. 27.
Extraction d'un axe de piston.

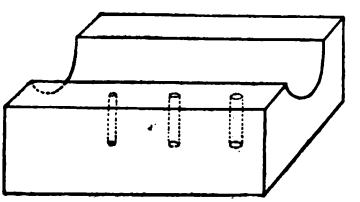


Fig. 28.
Cale de bois pour chasser les axes de piston.

Un piston n'est pas nécessairement à remplacer chaque fois qu'on le démonte. On veillera donc à ne pas le détériorer ou le déformer en retirant l'axe. Si le pied de bielle comporte un boulon de pincement, il faut d'abord défaire celui-ci, de même qu'il faut retirer la goupille, si l'axe est goupillé. On sort l'axe à l'aide d'un collier spécial que représente la figure 27. Si l'on ne dispose pas d'un tel collier, on peut placer le piston sur un bloc de bois creusé en demi-rond et percé d'un trou pour le passage de l'axe (fig. 28). Le creux peut avoir un rayon de 70 mm et être percé de plusieurs trous (20, 30, 40 mm).

Un autre moyen consiste à chasser l'axe avec un jet de bronze ou un mandrin épaulé, un aide tenant le piston, ce qui

amortit le choc. On peut encore, si l'axe est dur, plonger le tout dans de l'huile à 50°, l'alliage léger se dilatant davantage que l'axe, de sorte qu'on pourra sortir celui-ci sans difficulté. Mais attention aux brûlures si l'huile est trop chaude.

Pratiquement, tous les moteurs français à huile lourde ont des pistons en alliage léger; aussi ne parlerons-nous pas ici des pistons en fonte.

Alésage des trous. — L'alésage est un travail délicat, qu'il s'agisse d'aléser les bossages de piston, les bagues de bielles, de ressort ou d'axe de pivotement. Il demande de l'habileté et de l'attention. En ce qui concerne notamment les trous d'axe de piston, il faut qu'ils soient rigoureusement perpendiculaires à la jupe. Ne pas se servir d'un alésoir de Paris cote pour cote. Avec un alésoir de 20, par exemple, on aura des trous beaucoup trop grands pour un axe de 20. Il faut utiliser un alésoir extensible qu'on règle d'abord à plusieurs dizièmes au-dessous de la cote; par passes successives, et en augmentant chaque fois légèrement le diamètre de l'alésoir, on arrive à la cote définitive. Il est bon d'essayer l'axe de temps en temps, afin de ne pas le monter trop libre. Pour l'exécution du travail, on fixe l'alésoir dans l'étau et on tourne le piston sur l'alésoire. (Fig. 29.)

Au premier montage l'axe doit entrer un peu dur; on finit l'ajustage par rodage à l'huile, ce rodage ayant pour but de faire disparaître les rugosités et stries que laisse l'alésoir, même en l'absence de tout broutage.

(Une remarque qui vaut également pour l'alésage de toutes autres pièces : La retouche à la lime, à la pierre ou la toile émeri est du bricolage indigne d'un bon mécanicien).

La charge sur le piston au moment de la détente, ainsi que la dilatation provoquent une déformation à l'endroit des bossages qui peut aller jusqu'au grippage. Il est donc de bonne précaution de diminuer un peu le diamètre, au besoin avec la lime douce, et en finissant à l'émeri fine. Bien entendu, cette précaution n'est pas nécessaire avec les pistons ajourés ou détalon-

nés d'origine. Sur certains, le détalonnage comporte des rainures horizontales formant réserve d'huile.

Pour effectuer ce dégagement, qui est fonction du diamètre du piston et de l'axe, on serre le piston couché dans l'étau, entre des mordaches de feutre ou de gros carton.

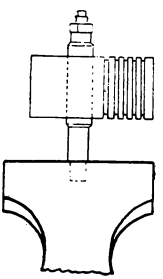
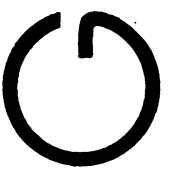


Fig. 29.
Alésage des trous d'axe d'un piston.



jonc en fil d'acier;

anneau circlips.

Fig. 30. — Arrêts d'axe

A moins que l'axe ne soit serré dans la bielle ou dans le piston, il y a lieu de l'arrêter, pour empêcher tout déplacement axial exagéré. On emploie à cet effet des pastilles serties dans le trou d'axe, ou forcées dans l'extrémité de l'axe. Mais le système le plus simple en même temps que le plus rapide au point de vue montage et démontage est l'arrêt par jonc élastique à becs recourbés et noyés dans de petites gorges appropriées. On emploie également de petits segments dits « Circlips ». Ils se retirent à l'aide d'un pince à becs ronds. (Fig. 30.)

Montage de l'axe. — Quel que soit le type de moteur, nous conseillons le montage gras, c'est-à-dire qu'à la température de 20-25°, l'axe doit pouvoir être introduit sans effort de quelques millimètres dans le bossage. Graissé à l'huile fluide, il doit entrer définitivement « au pouce ». Si l'axe est fixe dans

la bielle, il faut l'ajuster avec 1/2 centième ; on peut le monter sans effort, mais il ne doit pas pouvoir glisser sous l'effet de son poids

Au lieu d'huiler les axes, on peut les suiffer avant chaque opération d'ajustage.

Orientation des pistons. — Dans tous les cas, qu'il s'agisse de pistons à jupe fendue ou à jupe pleine, le mécanicien doit veiller à leur orientation. La fente de la jupe doit toujours se trouver du côté gauche du moteur. (Rappelons que le côté gauche est celui qui se trouve à la gauche du conducteur assis sur son siège. Certains constructeurs précisent dans leur notice que la fente doit se trouver du côté de l'arbre à cames. Ceci ne s'applique qu'aux moteurs dont l'arbre à cames est logé à gauche).

Peu de pistons pour moteurs à huile lourde sont à tête lisse. Celle-ci peut comporter des évidements, des cavités. des tétons, de l'orientation desquels il faut tenir compte si le piston est à jupe rigide (1).

Dans la plupart des cas, les pistons comportent d'ailleurs des marques indiquant le sens de montage.

Hauteur du piston. — Ici attention ! Presque tous les pistons de moteurs à huile lourde montent, au PMH, jusqu'à hauteur du plan de joint. En certains cas, la tête du piston dépasse même ce plan. Cette cote a une importance capitale, car elle détermine le taux de compression. Elle varie naturellement suivant la marque et l'on comprendra qu'il ne nous est pas possible de fixer ici des chiffres. Toutefois, pour citer quelques exemples, nous signalerons que sur Citroën, le piston dépasse le plan de joint du groupe de 0,5 à 0,6 mm. Sur Renault, il arrive à 1 mm $\pm$ 0,1 de la face inférieure de la culasse, tandis que pour Latil la cote est de 1,6 mm $\pm$ 0,1 du plan de joint de la culasse, c'est-à-dire la face supérieure du groupe. Nous en reparlerons au chapitre « Culasses »

Il importe donc de mesurer très exactement la hauteur au-

(1) Voir notre ouvrage *Guide professionnel du moteur à huile lourde.* (E. Chiron, Paris.)

dessus de l'axe des pistons neufs et de comparer avec la cote d'origine.

On comprendra aisément que la position du piston doit être déterminée autant que possible avant montage définitif des pistons et de la culasse. La bonne méthode consiste à monter la

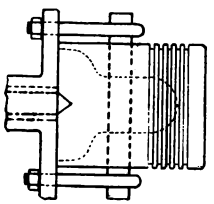


Fig. 31.
Montage du piston sur le tour.

bielle sur le vilebrequin équipée de son piston à l'aide d'un faux axe (entrant très librement). Amener le piston au PMH. Placer une règle qui reposera soit sur le piston, soit sur le groupe, suivant que le piston est plus haut ou plus bas et mesurer l'écart avec une cale d'épaisseur.

Si le piston monte trop haut, on retouche le fond au tour. A cet effet, on plaque le piston fortement contre le plateau du tour, à l'aide d'un étrier et de deux crochets filetés engagés sur un axe. (Fig. 31.) On peut également se servir d'un manchon fendu, de 5 à 6 mm d'épaisseur, dans lequel on introduit le piston, le manchon étant serré dans le mandrin ou le plateau du tour. Le montage présenté par la figure 31 a l'avantage de ne pas déformer le piston, ce qu'il importe d'éviter à tout prix, surtout s'il s'agit de pistons elliptiques.

Un autre point auquel il convient de faire attention est la descente des soupapes. Contrairement au moteur à essence à soupapes en tête la culasse du moteur à huile lourde ne comporte pas de chambre de combustion (ne pas confondre avec la chambre d'allumage ou la chambre de réserve d'air) et les soupapes, en position de fermeture, sont au niveau du plan de joint. Ce qui veut dire qu'ouvertes elles descendent dans le cylindre. Comme d'autre part, le piston monte lui aussi jusqu'au plan de joint, il faut ménager dans la tête, des cavités ou fraisages pour permettre l'ouverture des soupapes.

Ajustage des segments. — A moins qu'on ait décidé de changer également les pistons, ce qui n'est pas toujours nécessaire, on doit retirer les anciens segments avec précaution. Ils sont généralement collés par la calamine et l'on risque d'endommager les gorges en procédant un peu brutalement. On peut laisser détremper jusqu'au lendemain dans du pétrole et sortir les segments plus facilement. Les gorges sont ensuite à nettoyer, de même qu'on a le plus grand intérêt à repolir entièrement le piston (à la brosse et au « Jex ») pour obtenir des surfaces lisses auxquelles la calamine adhère difficilement.

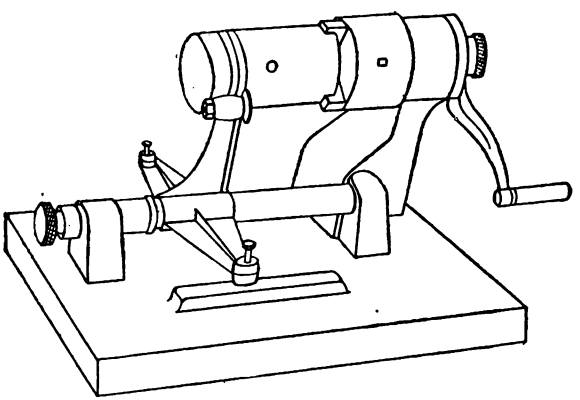


Fig. 32. — Machine à rectifier les gorges.

Il existe de petits appareils très pratiques qui permettent non seulement un nettoyage parfait des gorges, mais peuvent être utilisés, également, en certains cas, pour faire de légères retouches. Il faut, en effet, que les flancs des gorges, contre lesquels portent les segments, soient absolument lisses, sans aucun accroc ni bavure. (Fig. 32.)

Si les gorges ont été par trop matées, une réfection au tour peut être nécessaire. Rappelons toutefois, à ce sujet, que les cordons entre les segments ne doivent pas être trop diminués.

Le jeu en hauteur varie entre 2,5 et 4,5 centièmes, un peu plus que pour les moteurs à essence, suivant l'alésage et la hauteur du piston.

Le segment doit se mouvoir dans sa gorge sans forcer ni jouer. On doit pouvoir le déplacer à la main, mais il ne doit pas glisser librement sous son poids. S'il est dur, on peut le diminuer en le frottant à plat sur une feuille d'émeri très fine, placée sur un marbre. Procéder doucement; on a vite enlevé un centième.

Quant au jeu à la coupe, il est en moyenne de 2 à 2,5 millièmes du diamètre, soit 0,23 mm pour 115 mm, par exemple. On vérifie ce jeu en plaçant le piston dans le cylindre, à environ mi-hauteur, on place le segment au-dessus, en le plaquant contre

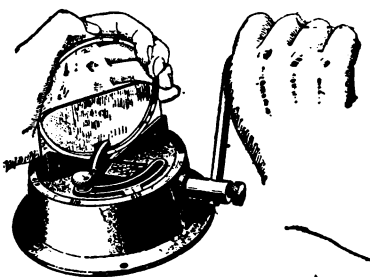


Fig. 33.
Lime rotative
pour segments.

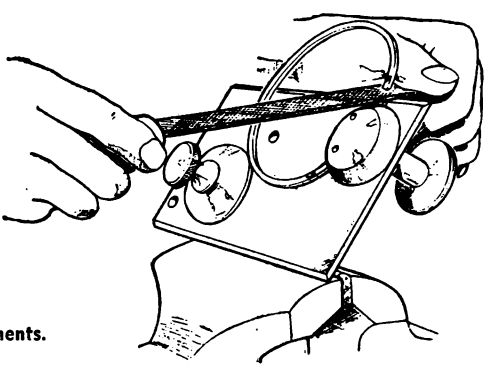


Fig. 34. — Etau à segments.

le piston, pour qu'il se place bien perpendiculairement à l'axe du cylindre; on retire un peu le piston et on mesure le jeu à l'aide d'une cale d'épaisseur. (S'il s'agit d'un piston à tête irrégulière, on peut le monter à l'envers, le segment portera contre la jupe.) Un segment qui a trop de jeu à la coupe, doit être changé; s'il n'en a pas assez, on peut l'ajuster à l'aide d'un étau spécial ou d'une petite lime rotative (Fig. 33 et 34.)

Pour éviter toute erreur, on ajuste les segments au fur et à mesure qu'on les vérifie dans leur cylindre, et on les met en place sur le piston, à condition que les gorges soient rectifiées.

Si ce travail n'est pas encore fait, on peut, en attendant, accrocher les segments à des crochets, un par cylindre, dans l'ordre des cylindres, et dans l'ordre de leur emplacement sur le piston.

Les coupes sont à « tiercer » ou à alterner dans le sens de l'axe de piston.

Mise en place des segments. — Il ne faut pas croire que le segment, parce qu'il a une certaine élasticité, reprend toujours sa forme, quel que soit le traitement qu'on lui fait subir. C'est une erreur au point qu'il vaut mieux que le segment brutalisé casse plutôt que d'être tordu dans sa gorge. Il existe aujourd'hui suffisamment d'appareils simples permettant un montage rapide, sans dommages pour les segments.

Segments multiples. — Il faut distinguer plusieurs sortes; les uns sont en fonte, les autres en acier. Les segments multiples, qu'il s'agisse de racleurs comme le 3E (Bollée) ou d'étanchéité comme Champion ou Ondulex, ont cette particularité de se conformer, en quelque sorte, aux irrégularité du cylindre et au basculement du piston.

Le jeu en hauteur pour les 3E est d'environ 4/100 et le jeu à la coupe de 6 ‰ environ du diamètre (0,7 mm pour un diamètre de 120 mm). Les coupes sont à tiercer.

Quant aux segments multiples, le nombre d'éléments à placer dans chaque gorge est fonction de la hauteur de la gorge. Il peut être de 3 à 7 éléments. Les hauteurs de gorge sont à porter aux cotes suivantes :

ancienne hauteur	nouvelle hauteur	éléments
2 mm	2,38 mm	3
2,5 mm	3,17 mm	4
3 mm	3,17 mm	4
3,5 mm	3,96 mm	5
4 mm	4 mm	5
4,5 mm	4,76 mm	6
5 mm	5,55 mm	7
5,5 mm	5,55 mm	7

Le jeu à fond de gorge est de 0,4 à 1 mm suivant l'alésage; le jeu à la coupe de 0,3 mm jusqu'à 80 mm d'alésage et de 0,5

à 0,6 mm pour les cotes supérieures. Les coupes sont à répartir sur la circonférence, en opposant celles d'une même paire de 180°.

Une autre solution, avec élément élastique ondulé se caractérise par la pression constante des éléments supérieur et inférieur contre le flanc respectif de la gorge.

Montage du piston. — Piston et bielle étant assemblés, et le piston garni de ses segments, on l'introduit dans le cylindre. Si le groupe et le carter sont d'une pièce (cylindres chemisés ou non) on peut mettre en place un piston après l'autre en comprimant les segments avec un collier approprié, cette façon de faire étant plus rationnelle que le maintien des segments avec la main, où l'on risque de déplacer les coupes.

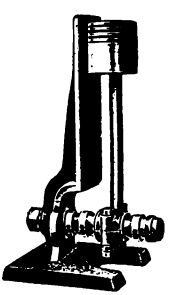


Fig. 35. — Vérification du piston.

Les pistons sont fournis aujourd'hui en cote réparation; leur fabrication par des spécialistes offre toutes les garanties. Cependant certains grands ateliers peuvent avoir ou croient avoir avantage à acheter des pistons bruts qu'ils tourneront eux-mêmes aux cotes voulues, opération qui ne présente pas de difficulté si l'on possède l'outillage nécessaire. Il convient toutefois d'observer les jeux prescrits pour le montage.

Pour apprécier le jeu, il ne faut pas se fier à la différence constatée entre le diamètre du piston mesuré avec un palmer ordinaire et l'alésage du cylindre mesuré souvent avec une jauge d'intérieur. Ce procédé est aléatoire et les résultats varient sui-

vant le doigté de l'ouvrier. Pour mesurer le jeu de façon précise, le mieux est de se servir d'une lamelle d'acier fixée à un peson (fig. 36). On introduit cette lamelle dans le cylindre, en même temps que le piston. La force nécessaire pour la sortir ne devra pas dépasser 4 kgs. S'il faut un effort plus grand, le jeu est trop faible. La lamelle, dont l'épaisseur doit être égale au jeu de montage prescrit, se place entre le cylindre et le bas de la jupe.

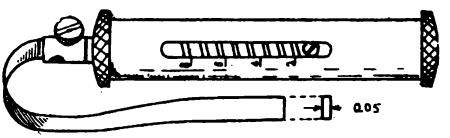


Fig. 36. — Peson pour vérifier le jeu des pistons (Bohnalite).

Pour s'assurer du bon montage des pistons et de l'ajustage correct des segments, on fait tourner le moteur pendant quinze à vingt minutes à environ 300 t. m., sans culasse. On peut réaliser cet entraînement à l'aide d'un petit moteur électrique, avec une poulie, la courroie étant montée d'autre part sur la poulie du vilebrequin. Au besoin, si le moteur électrique tourne trop vite, on établira une démultiplication appropriée par un jeu de poulies intermédiaires. C'est un montage facile à fabriquer à temps perdu.

Le premier graissage, lors de l'engagement des pistons dans les cylindres, peut être fait avec de l'huile de ricin qui résiste mieux aux premières explosions.

Après cet essai, on tourne le moteur à la manivelle pour voir s'il n'a pas serré. Dans le cas contraire, les pistons sont à démonter pour qu'on puisse se rendre compte des frottements excessifs et y remédier.

Quand le moteur restera suffisamment libre, après vingt minutes de rotation, on pourra monter la culasse. Vérifier toutefois au préalable, et pendant le rodage à huile par entraînement, que chaque cylindre est garni d'une pellicule d'huile bien visible au moment de la descente du piston. L'absence d'huile indiquerait

que la tête de bielle ne laisse pas passer l'huile sous pression. Dans ce cas, ou le coussinet de bielle n'a pas assez de jeu, ou le trou de graissage du maneton est bouché. La projection d'huile contre les parois du cylindre doit se faire dès la rotation du moteur.

CHAPITRE V

RÉFECTION DE LA LIGNE D'ARBRE ET DE L'EMBIELLAGE

Lors d'une revision générale, on retire le vilebrequin avec l'embiellage, le moteur étant sur son support, cylindres en bas. Le retrait de l'équipage mobile peut nécessiter l'emploi de la grue d'atelier, en raison du poids élevé, surtout s'il s'agit d'un gros six — ou huit — cylindres. Arrimer l'arbre aux deux extrémités à l'aide d'une corde. Ne jamais se servir de chaîne ou de câble métallique pour ce travail.

On aura au préalable vérifié le repérage des chapeaux de paliers qui doivent porter un numéro d'ordre, dont l'emplacement indique également l'orientation. De même les écrous sont repérés dans de nombreux cas.

Le vilebrequin étant placé sur un support approprié (fig. 37) on enlève les bielles sur lesquelles on remonte aussitôt les chapeaux en se conformant, ici également, aux repères. On sépare bielle et piston par un des moyens indiqués page 48.

Nettoyage. — Répétons que le nettoyage du vilebrequin et des bielles ne doit jamais être confié à un apprenti ou un manœuvre. On nettoie d'abord à la brosse toutes les surfaces extérieures et on retire les pastilles ou bouchons fermant les canalisations et chambrages, dont on sort, au besoin à l'aide d'une mèche, les dépôts et impuretés qui ont pu s'y amasser. Il n'est pas rare, en effet, que des impuretés contenues dans l'huile finissent par obstruer une canalisation, de même que celle-ci peut être bouchée par du régule provenant d'un coulage de bielle. Ceci explique que des moteurs remis à neuf coulent parfois une bielle avant d'avoir parcouru 100 km.

Il arrive aussi, quand on se contente de seringuer le vilebrequin, que les dépôts durs se détrempent et que la boue ainsi formée soit entraînée par l'huile pour boucher finalement un passage.

Vérification du vilebrequin. — On place l'arbre sur deux V rectifiés, disposés sur un marbre de précision et on mesure chaque soie (tourillons et manetons) sur trois diamètres, dans le sens axial, c'est-à-dire aux deux extrémités et au centre, à l'aide d'un palmer ou d'un pied à coulisse au 1/50. De la même façon on mesure le diamètre en six points différents de

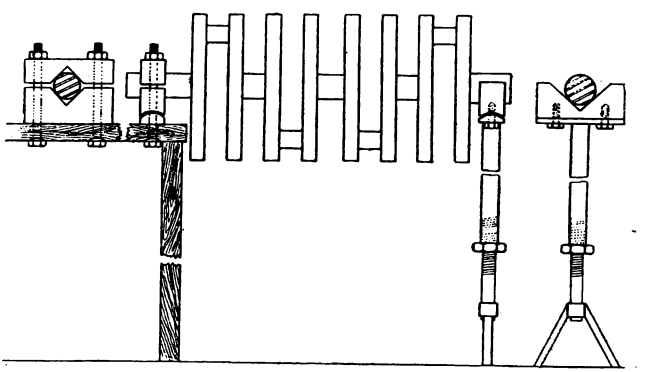


Fig. 37. — Support de vilebrequin.

la circonférence. Si ces mesures n'accusent pas plus de 6 à 8/100 d'écart, les soies peuvent être considérées en bon état, à condition qu'elles ne présentent pas de rayures. (Fig. 38.)

Avec un trusquin à comparateur, on vérifie ensuite si le vilebrequin n'est pas faussé. (Fig. 39.) On prend les mesures au palier central, en tournant l'arbre lentement. S'il y a du faux rond, l'arbre doit être redressé à froid à la presse. C'est une opération délicate qu'il peut être nécessaire de répéter plusieurs fois.

Une troisième vérification porte sur le parallélisme des axes. On amène successivement les manetons situés dans le même plan à leur PMH et on mesure la hauteur, à l'aide du trusquin à comparateur, dont la touche mobile portera en haut sur la soie. On doit trouver partout la même hauteur.

L'usure des soies peut se manifester soit par des rayures circulaires ou un léger degré, soit par un manque ou défaut de cylindricité. Les rayures circulaires proviennent généralement d'impuretés amenées par le lubrifiant et qui se sont incrustées dans la garniture antifriction comme le montre le croquis. Ces impuretés détériorent à la fois le coussinet et la soie. (Fig. 40.)

Le manque de cylindricité des manetons des vilebrequins de moteur à huile lourde se caractérise par l'usure du maneton sur la partie de la circonférence (fig. 41) sur laquelle s'exerce la poussée de la bielle au moment du choc d'explosion. La valeur de celui-ci atteint un chiffre sensiblement supérieur à ceux qu'on relève dans un moteur à essence. Cette usure ne doit pas dépasser 2/10 au grand maximum, non seulement parce qu'elle empêche une marche régulière du moteur, mais aussi parce qu'elle rend impossible l'ajustage du coussinet de bielle.

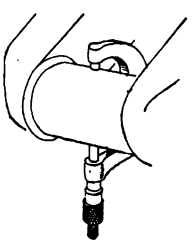


Fig. 38. — Vérification des manetons et tourillons.

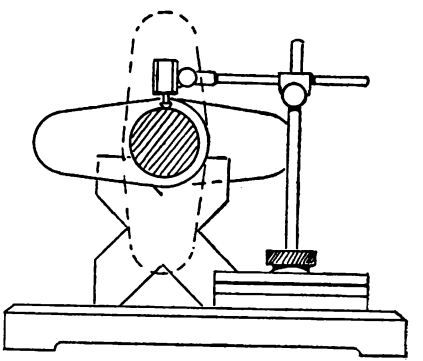


Fig. 39. — Vérification du faux-rond.

Le défaut de cylindricité se rencontre moins sur les tourillons que sur les manetons du fait que les premiers ne reçoivent pas directement le choc d'explosion. Néanmoins, en cas de rectification, toutes les portées sont à refaire.

Pour les vilebrequins traités (cémentés ou nitrurés) la plus grande prudence est conseillée en matière de rectification, en raison de la faible profondeur de la couche dure.

La rectification même ne saurait être confiée qu'à une firme sérieuse, bien outillée et spécialisée dans ce genre de travail.

Les appareils portatifs qu'on monte sur un tour ainsi que les « rectificateurs » à main sont, à notre avis, des dispositifs de fortune que nous n'osons pas recommander.

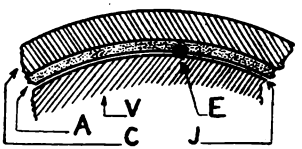


Fig. 40.
Incrustation de corps durs dans le coussinet.

A. Antifriction. — C. Coquille. — E. Corps étranger. — J. Jeu. — V. Vilebrequin.

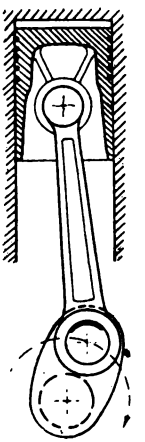


Fig. 41.
Usure du maneton (en noir).

Le faux-rond du vilebrequin est une déformation permanente par flexion qui peut provenir d'une usure exagérée des paliers intermédiaires, celle-ci pouvant être due à son tour aux effets de la force centrifuge en cas de déséquilibrage de l'arbre.

Il est donc toujours utile de vérifier au moins l'équilibre statique d'un arbre sur une équilibreuse qui révèlera également toute torsion de l'arbre.

Un autre point qu'il convient de vérifier est l'alésage dans lequel se place le roulement ou la bague de l'arbre primaire. Il va de soi que cet alésage ne doit pas présenter le moindre défaut.

Il est utile, enfin, d'examiner très soigneusement le vilebrequin pour voir s'il n'a pas de fissure, de crique ou autre amorce de rupture. En ce cas, il est indispensable de remplacer l'arbre.

*
**

Bien qu'on puisse trouver, dans le commerce, des coussinets pour la plupart des types de moteurs, nous donnerons ici quelques indications sur le régulage.

C'est un travail délicat qu'on ne peut réussir de manière satisfaisante qu'avec beaucoup d'attention, de soins et un outillage convenable. La faible épaisseur d'antifriction, dont on se contente aujourd'hui dans la plupart des cas, interdit les montages de fortune.

L'exposé ci-après s'applique aux coussinets classiques à coquille en bronze ou en acier (bielles régulées directement) et garniture en régule ou métal blanc.

Quel que soit l'état des coussinets — dont on aura repéré l'ordre et l'orientation, ainsi que le cas échéant l'emplacement des cales — il est nécessaire de relever par un croquis le tracé des pattes d'araignée, rainures et poches d'huile et de noter si les poches d'huile se placent en bas ou en haut.

Le régulage comporte plusieurs phases que voici :

Dérégulage, nettoyage et vérification des coquilles, étamage, régulage, contrôle et tournage.

Dérégulage et nettoyage. — Pour enlever le vieux régule, on peut chauffer le dos de la coquille à l'aide d'une lampe à souder, en évitant que la flamme vienne en contact avec le régule. Prendre soin également de ne pas surchauffer le métal. Le

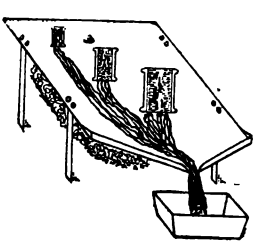


Fig. 42. — Plateau de dérégulage.

point de fusion du régule est suffisamment bas (environ 300° à 350°) pour qu'on ne risque pas, si l'on fait attention, de porter la coquille à une température trop élevée. Le vieux régule peut être récupéré, mais il ne faut pas le réutiliser, même en l'incorporant à un bain de régule neuf.

Un procédé très simple consiste à placer les coquilles debout sur une plaque de tôle inclinée, le dos étant orienté vers le haut. Les bords inférieurs de la plaque sont relevés pour que le

régule puisse s'écouler dans un récipient (figure 42). Le chauffage peut être assuré par un petit feu sous la plaque. On essuie les coquillles avec un chiffon pour qu'il ne reste aucune parcelle de régule. S'il en restait dans les rainures en queue d'aronde ou les trous, il faudrait l'enlever avec un grottoir.

On vérifie ensuite la coquille nettoyée : d'une part au point de vue de la portée dans son logement en enduisant le dos de sanguine ou de blanc d'Espagne; d'autre part au point de vue cylindricité. La figure 43 montre l'excentrage que provoque le limage du plan de joint qui accompagne inévitablement toute

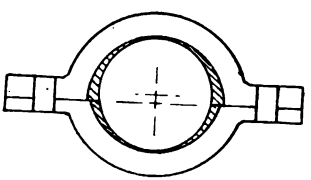


Fig. 43.
Excentrage d'une coquille limée.

« reprise » du coussinet en cas de jeu. Une coquille ainsi retouchée ne fait plus 180°. Il y a là un premier argument contre le resserrage des coussinets dont nous parlerons plus loin. Les coquilles reconnues bonnes sont à tremper pendant quelques minutes dans un bain de dégraissage (100 gr. de potasse par litre d'eau, température environ 80°). On rince et on plonge dans de l'eau chaude pure.

Etamage. — On protège les surfaces qui ne seront pas à étamer, par un enduit de blanc gélatineux mélangé de blanc de Meudon, de la stéatite ou du graphite. On décape dans une solution d'acide sulfurique titrant 20° Baumé ou une solution d'acide chlorhydrique (esprit de sel). L'étamage peut être réalisé par immersion dans le bain ou par fusion de soudure d'étain. Les pièces sont à porter au préalable à la température voulue. Etaler l'étain avec un chiffon propre et essuyer l'excédent. Les pièces étamées peuvent être plongées dans de l'eau chaude en attendant leur régulage. Il est recommandé de n'employer que de l'étain Banca pur.

Régulage. — Il existe sur le marché une assez grande variété d'appareils à réguler dont nous n'avons pas à faire ici la description. La figure 44 montre un tel appareil, à chauffage électrique.

Si l'on ne dispose pas d'une installation appropriée, on peut établir un montage de la façon suivante (fig. 45). Sur un plateau P approprié et muni d'une tige filetée F, on place un tube T servant de mandrin. Celui-ci est pourvu de chaque côté, sur un diamètre, d'une tôle d'écartement. Les coussinets C sont disposés comme le montre la figure, maintenu par un étrier E et serré par un collier.

Une partie du tube, dont le diamètre est de plusieurs millimètres inférieur à celui du coussinet (par exemple 32 mm pour un coussinet de 40 mm) est à couper sur une partie de sa longueur, dans le sens du diamètre. Dans la fente obtenue, on passe un morceau de tôle d'une largeur légèrement inférieure au diamètre extérieur du coussinet et d'une hauteur dépassant

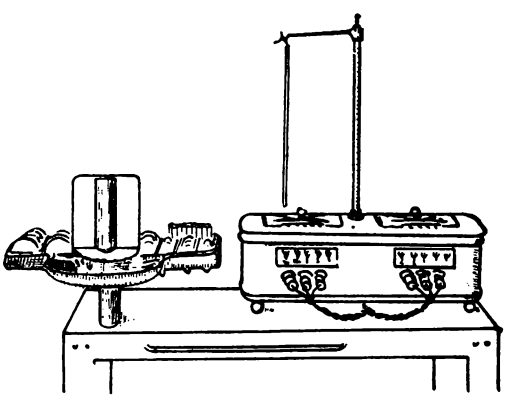


Fig. 44. — Table de régulage avec cuves électriques.

celle du coussinet. La tôle devra affleurer l'extrémité du tube. Le tout est à placer sur une plaque de tôle horizontale, de manière que la partie non fendue du tube soit en haut. De part et d'autre, on dispose les coquilles, en veillant à la parfaite concentricité. On assure l'étanchéité soit avec de l'argile, soit avec de l'amiante trempé dans l'eau. Les coquilles sont maintenues en place à l'aide d'un collier de serrage par exemple. Les bielles régulées sur acier sont à serrer avec des boulons ordinaires et non avec leurs boulons définitifs.

L'ensemble est à porter à une certaine température aussi voisine que possible de la température du bain de régule (pas trop élevée pour que l'étain ne fonde pas). L'élévation de température doit être progressive; il faut éviter en outre que les pièces à réguler viennent en contact avec une flamme libre. L'immersion des coquilles étamées dans de l'eau chaude a pour but d'empêcher l'oxydation de la pellicule d'étain. Une telle oxydation rendrait l'adhérence du régule impossible.

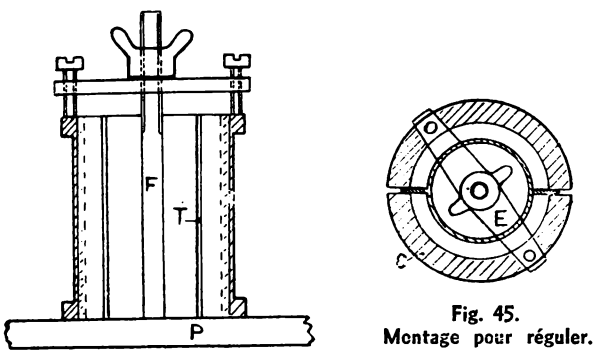


Fig. 45.
Montage pour réguler.

Pendant ces préparatifs, on aura fait fondre le régule (ne prendre que du métal frais, en lingots) dans un creuset parfaitement propre. Agiter le métal en fusion, dont le chauffage se sera fait lentement. Les brusques variations de la température sont à éviter, de même que la surchauffe; un remède facile contre ce dernier accident est l'addition de temps en temps, de morceaux de métal froid. En outre, on recouvre le métal de charbon de bois en poudre pour empêcher l'oxydation. Si l'on n'a pas d'appareil pour mesurer la température, il faut se fier à l'aspect du métal. Une surface brillante et propre indique que le métal a la température optimum pour la coulée; le métal surchauffé a un aspect noirâtre.

Pour la coulée même, on puise le métal dans le fond du creuset, avec une cuillère propre et chauffée également (température du régule).

Le métal versé est à agiter avec un tige d'acier poli, préalablement chauffée. Ceci a pour effet de dégager les gaz et d'éviter les soufflures et porosités du régule.

Quant au refroidissement, il varie suivant la composition du métal. En général, on laisse refroidir lentement à l'air et on démoule. En hiver, on peut finir le refroidissement dans de l'eau chaude. D'une manière générale, il faut empêcher que des gouttes d'eau tombent sur le métal en fusion dont des projections peuvent occasionner des blessures. Certains régules peuvent être trempés à l'eau ; cependant cette trempe ne doit jamais être trop brusque.

Pour se rendre compte de l'adhérence, on essaie le coussinet au son. Celui-ci doit être absolument pur et clair, comme un son de cloche. Cet essai révèle le moindre défaut. L'insuccès peut provenir d'une température insuffisante de la coquille ou du régule, d'une température exagérée du régule, d'un défaut d'étamage, d'un démoulage prématuré, ou d'un refroidissement trop brusque.

On voit, par ce qui précède, que le régulage exige une certaine expérience, surtout quand il s'agit de coussinets pour moteurs à huile lourde qui ne supportent pas le moindre défaut.

Les coussinets régulés sont dressés aux plans de joints, ce qu'on peut faire à la lime ; mais il est préférable de procéder par fraisage. Les deux demi-coquilles doivent joindre parfaitement pour assurer une étanchéité absolue. Cette condition est particulièrement importante dans les moteurs à graissage sous pression, ce qui est le cas pour la presque totalité des moteurs actuels.

Avant de passer au tournage, nous dirons quelques mots du régulage centrifuge. Dans ce procédé, le métal en fusion n'est pas coulé dans les coquilles, mais projeté contre celles-ci. On évite les soufflures, et on obtient un métal à texture régulière. En même temps, le déchet est réduit au minimum, ainsi que le temps d'usinage.

Coussinets en bronze au plomb. — Ces coussinets se caractérisent par leur dureté et semblent ne convenir que pour des arbres traités. Le métal antifriction est un mélange de cuivre et de plomb, dont les points de fusion sont très éloignés. Il fond à environ 950°, température qui n'est jamais atteinte dans un coussinet de sorte qu'on ne risque à aucun moment de voir le vilebrequin venir en contact avec la coquille. On peut donc uti-

liser pour celle-ci un métal à coefficient de frottement plus élevé, tel que l'acier par exemple, moins cher que le bronze.

La teneur en plomb de ces coussinets varie aux environs de 30 %.

Les coussinets en bronze au plomb sont utilisés sous plusieurs formes représentées schématiquement par les figures 46 a-b.

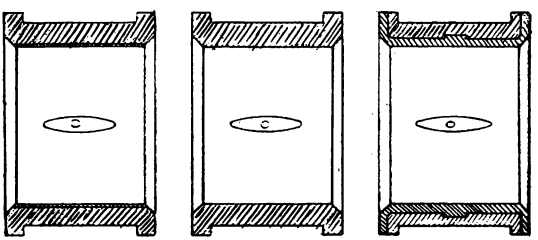


Fig. 46. — Types de coussinets.

a) coquille en bronze au plomb, avec même garniture (3 à 5/10 mm) à base de plomb additionné de graphite. Ce type peut être utilisé avec des arbres traités et non-traités;

b) coussinet massif en bronze au plomb, convient uniquement pour les arbres traités;

c) coquille en acier avec garniture bronze au plomb.

La dureté du bronze au plomb ne doit pas dépasser 30 Brinell; mais ces coussinets peuvent supporter des pressions de 300 kg/cm^2. Avec des vitesses plus grandes, on doit se contenter de pressions moindres. Pratiquement, on est loin de la limite.

Equerrage des bielles. — La bielle étant dérégulée, on vérifie et on rétablit le cas échant le parallélisme de ses alésages :

Monter le chapeau et bloquer après y avoir engagé une douille (figure 47). On pourra se rendre compte par la même occasion si les faces du chapeau n'ont pas été trop diminuées lors de précédents « resserrages ». Monter un axe dans le pied de bielle dont la bague peut ne pas être alésée à la cote définitive si l'on n'a pas encore les pistons et les axes neufs. Placer la

bielle comme le montre la figure, la douille dans la tête de bielle étant engagée sur deux cônes de centrage. Dans la position indiquée sur la figure, la pièce à touches renseigne sur le gauchissement ; en la retournant de 180°, on vérifie si la bielle est vrillée ou chantournée (torsion du corps de bielle).

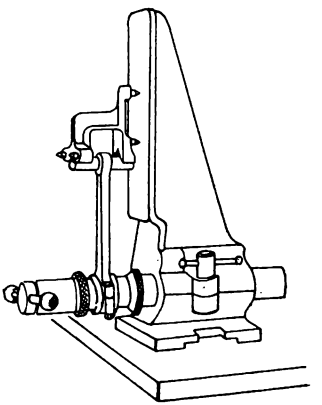


Fig. 47.
Vérification d'une bielle sur table dressée.

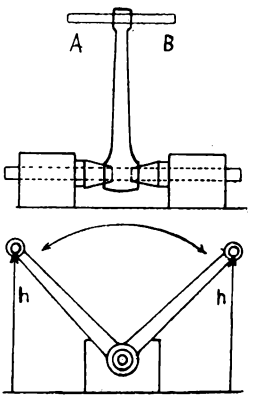


Fig. 48.
vérification d'une bielle sans appareil spécial.

Si l'on n'a pas d'appareil de vérification on peut procéder de la manière suivante : Monter la bielle sur deux cônes de centrage enfilés eux-mêmes sur un axe qui repose sur deux V placés

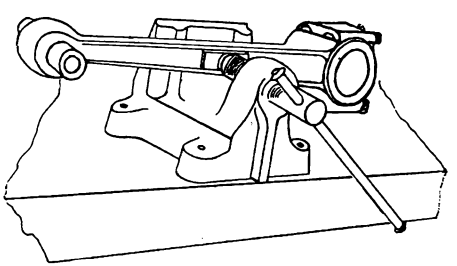


Fig. 49. — Presse à redresser.

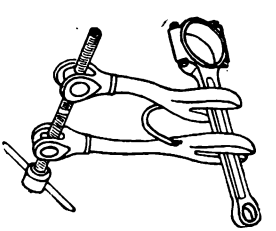


Fig. 50. — Appareil à dévriller.

sur un marbre. Engager un axe dans le pied de bielle. (Fig. 48). Incliner la bielle d'un côté d'environ 50°, et relever l'inclinaison à l'aide d'un compas. Avec un trusquin ou un comparateur, relever les hauteurs A et B de l'axe, de part et d'autre du pied, et à la même distance de celui-ci. Incliner ensuite la

bielle du côté opposé et d'un angle égal. Vérifier ou maintenir avec le compas, et relever les hauteurs comme nous venons de l'indiquer. Plusieurs cas peuvent se présenter :

a) les quatre hauteurs sont égales : la bielle n'est ni vrillée ni gauchie;

b) pour chaque inclinaison, l'écart entre A et B est le même : la bielle est gauchie;

c) si d'un côté, A est plus grand que B, et du côté opposé B plus grand que A, de la même quantité, la bielle est vrillée, mais non gauchie;

d) Si l'on ne relève pas au moins deux hauteurs égales, pour les quatre mesures, la bielle est à la fois gauchie et vrillée.

Pour rétablir le parallélisme, on se sert d'appareil appropriés comme ceux que représentent les figures 49 et 50. Ce travail doit être effectué avant régulage, pour que le coussinet puisse être usiné parallèlement à l'alésage du pied de bielle; il faut qu'on garde partout la même épaisseur de métal, ce qui est d'autant plus important que l'épaisseur finale après usinage est plus mince. Une bielle non redressée risque d'avoir un coussinet usiné obliquement, à cause du centrage par le pied de bielle.

Il y a lieu de vérifier également le déport de la bielle qui doit être le même pour toutes. Quand au redressement, il doit toujours se faire à froid.

Alésage des coussinets. — Nous ne nous étendrons pas sur l'exécution de ce travail pour lequel on a intérêt à utiliser un appareil approprié. La qualité du travail est essentiellement fonction du centrage. Si ce dernier est correct, on obtiendra avec une machine à barre d'alésage rigide, un travail impeccable et rigoureusement parallèle à l'alésage de l'axe de pied de bielle. Le seul point auquel il convienne de faire attention, est le diamètre. On approche le plus possible la cote définitive, de façon à n'avoir que le minimum de métal à enlever au grattoir. L'alésage à la machine doit se faire avec une grande vitesse de coupe et une faible avance. Le jeu du coussinet ajusté est d'environ 1 millième du diamètre, soit par exemple 60,06 mm pour maneton de 60 mm.

En ce qui concerne le mode de finition, les avis sont partagés; il y a en effet deux écoles.

Les uns estiment qu'il faut aléser le coussinet à la machine, à sa cote définitive. Il est indiscutable que les méthodes employées donnent d'excellents résultats. Elles sont appliquées surtout dans la fabrication en série où le contrôle, s'il est bien fait, rejette toute pièce tant soit peu défectueuse. Mais il n'est pas moins discutable qu'une telle finition exige des machines très chères.

Les autres sont partisans de la finition au grattoir, peut-être un peu plus longue, mais qui donne, elle aussi, de bons résultats, à condition que l'ajusteur connaisse son métier. (S'il ne le connaît pas, il n'est pas ajusteur.) Nous pouvons affirmer, en parfaite connaissance de cause, que la finition au grattoir se fait dans des usines réputées à juste titre pour la bonne qualité de leur matériel. S'il s'agit pour le mécanicien de finir des

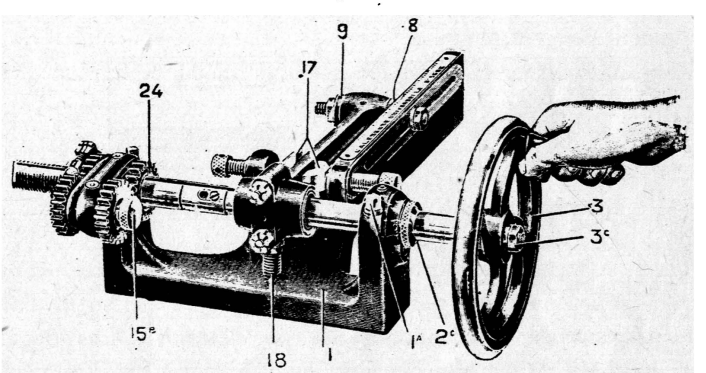


Fig. 51. — Aléseuse de bielles (Fog).

bielles régulées par lui-même ou fournies non usinées à la cote, il a tout intérêt à approcher la cote à environ 0,1 mm au-dessous du diamètre du maneton, et de finir au grattoir. Le travail est plus long, mais on ne risque pas de dépasser la cote.

Il convient d'ouvrir ici une parenthèse à propos du travail en usine et du travail de réparation. L'ajusteur en usine reçoit généralement des pièces à la cote exacte, finies, auxquelles il n'a rien à retoucher. Son rôle est davantage celui d'un simple monteur que d'un ajusteur.

Le mécanicien de réparation au contraire est obligé d'ajuster

les pièces, car même s'il prend des pièces d'origine soi-disant prêtes à être montées, il faut les retoucher. Achetez au magasin de pièces détachées du constructeur, un vilebrequin avec ses quatre ou six bielles, il faudra ajuster celles-ci. C'est un fait qu'on peut vérifier tous les jours en réparation.

Sans entrer ici dans la technique du travail au grattoir — qu'on apprend à l'atelier et non pas dans les livres — rappelons quelques règles qui ne sont pas toujours observées. On commence toujours par adoucir les bords *p* du demi-coussinet et l'on descend progressivement vers le fond *b* où l'on peut enlever davantage de métal qu'à proximité des plants de joints. (Fig. 52.) Voici pourquoi : En serrant le coussinet, c'est-à-dire en bloquant la bielle sur le maneton, on approche davantage dans le sens de l'axe de la bielle que dans le sens des plans de joint. Si l'on enlevait autant de matière sur le diamètre horizontal que sur le diamètre

Fig. 52. — Grattage d'un coussinet.

vertical, le coussinet porterait principalement sur celui-ci et finirait en peu de temps par avoir un jeu excessif. Il suffit d'ailleurs d'examiner un coussinet usé ou détérioré. Les dégâts sont localisés principalement aux environs du diamètre vertical. (Fig. 53.)

Un soin particulier doit être apporté au tournage des côtés qui sont à dresser perpendiculairement à l'alésage du coussinet. On trouve couramment des bielles dont les faces latérales portent en diagonale, même parmi celles qui sont fournies par des spécialistes. Le défaut provient d'un mauvais centrage et d'un manque de parallélisme des alésages, ce qui confirme l'utilite de l'équerrage avant régulage.

L'arrondi du coussinet peut avoir un rayon légèrement plus grand que l'arrondi du maneton, de façon à laisser un certain congé.

Quant aux pattes d'araignées et autres rainures, nous avons déjà dit qu'il y a lieu d'en relever le tracé avant régulage, de

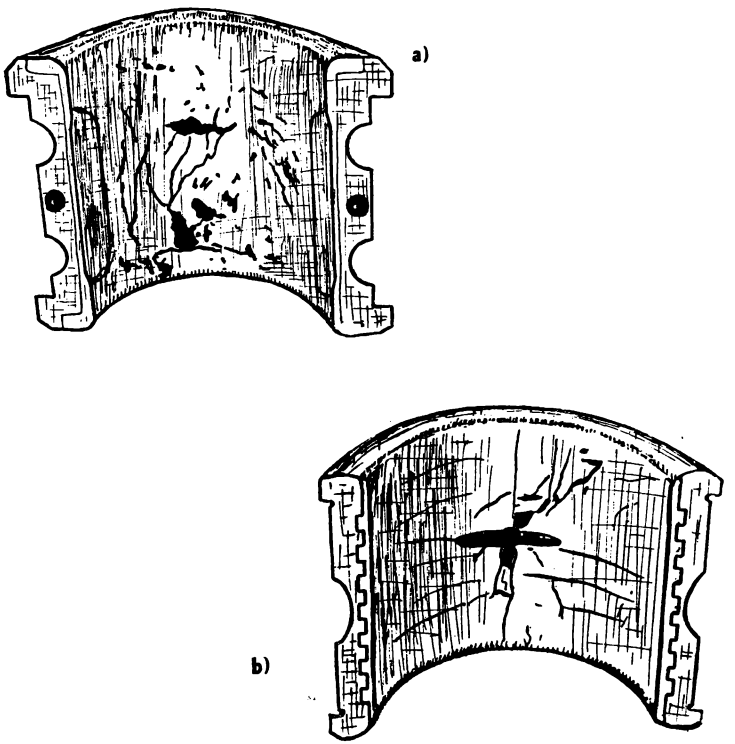


Fig. 53.

a) Le coussinet s'écaille sous l'effet des chocs;
b) Les cassures partent du trou d'arrivée d'huile.

manière à connaître l'orientation des rainures. Celles-ci sont à creuser autant que possible à la machine. Les arêtes vives des bords sont à adoucir.

Baguage du pied de bielle. — La bague est emmanchée dur et alésée ensuite (fig. 54). Ce que nous avons dit page 49, concernant l'alésage des trous d'axe du piston, s'applique égale

ment aux bagues de pied de bielle. Si cette dernière est en alliage léger, il y a avantage à chauffer le pied dans de l'huile à 50° et à monter la bague sur laquelle le métal se resserrera au refroidissement. Les bagues pour ces bielles sont généralement assez minces, on peut les aléser à la cote de l'axe. Ne pas oublier de percer les trous d'huile et de creuser les rainures le cas échéant.

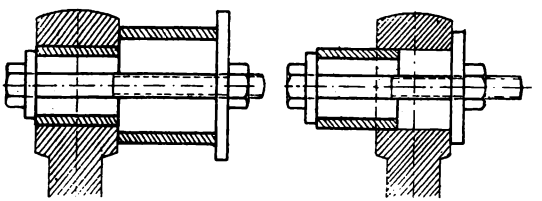


Fig. 54. — Montage d'une bague de bielle :
a) Sortie de la vieille bague.
b) Montage de nouvelle bague.

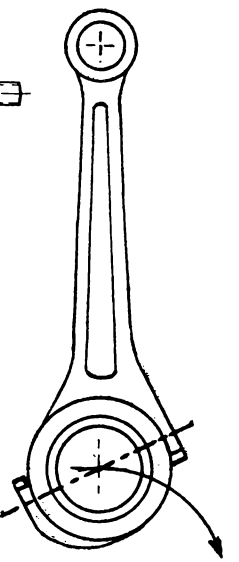


Fig. 55. — Orientation d'une bielle à plan de joint oblique.

Orientation de la bielle. — Les bielles sont repérées dans la plupart des cas et ce repérage indique également leur orientation. Il est cependant des cas où l'orientation découle du dessin de la bielle. Les bielles dont la tête est percée d'un trou de giclage dirigé vers le haut, sont à tourner de manière que le trou se trouve du côté droit du moteur.

Si la tête de bielle a un plan de joint oblique, elle doit être tournée comme le montre la figure 55.

Resserrage des bielles. — Ce travail, dont nous avons déjà parlé, n'est qu'un remède provisoire et admissible seulement en cas de faible usure. Si celle-ci dépasse 0,1 mm, il est indiqué de changer les coussinets et au besoin de faire rectifier le vilebre-

quin. Tout serrage entraîne un abaissement équivalent du plan de joint, donc une diminution du diamètre vertical. Le coussinet devient oval. On peut y remédier par interposition de cales, à condition que celles-ci portent également sur le régule. Pour empêcher les fuites d'huile au plan de joint et assurer l'étan-

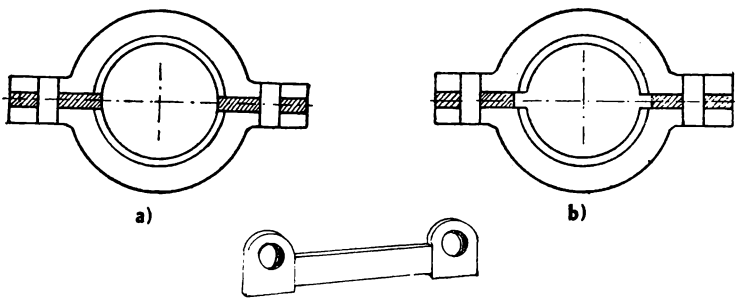


Fig. 56. — Ajustage des cales : a) bon; b) mauvais; c) forme des cales.

chéité, il faut que la cale vienne exactement au ras de la paroi intérieure, autrement dit qu'elle ne soit pas en retrait. (Fig. 56.) La partie médiane pourra être évidée sans inconvénient.

Poids de l'attelage bielle-piston. — Il n'est pas inutile de peser l'attelage pour vérifier s'il n'y a pas d'écart de poids par

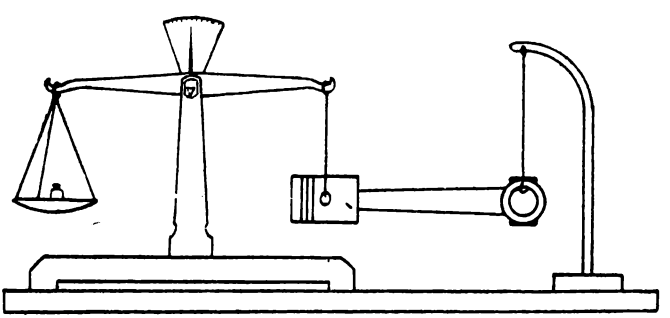


Fig. 57. — Pesée de l'attelage bielle-piston.

trop important, ce qui pourrait déséquilibrer l'équipage. Le cas échéant, on ramène tous les pistons au poids du plus léger, par tournage de l'intérieur de la jupe. Il n'est pas nécessaire pour

cette pesée, d'employer une balance spéciale comme celle qu'utilisent les constructeurs. Une bonne balance de précision, placée comme le montre la figure 57, suffit. La tête de bielle est accrochée dans un fil recourbé, tandis qu'un fil souple est passé à travers l'axe de piston. Il est inutile de connaître le poids absolu, ce qu'il faut, c'est que le poids soit le même pour toutes les bielles.

Réfection de la ligne d'arbre. — La réfection de la ligne d'arbre est parmi les travaux les plus délicats que le mécanicien est appelé à faire. Elle exige non seulement une parfaite connaissance du métier, mais également beaucoup de soin et d'attention.

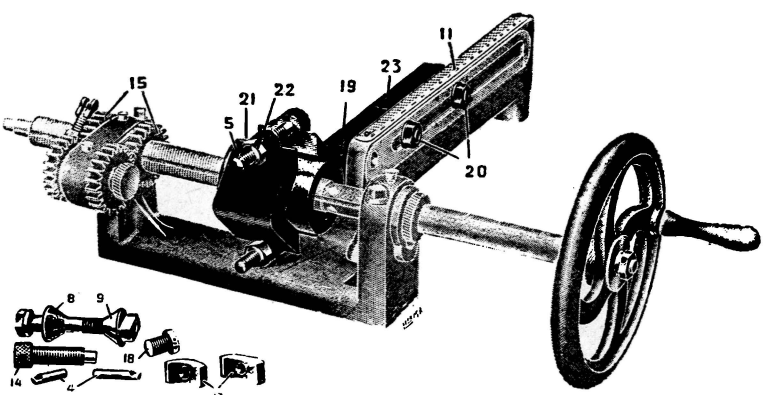


Fig. 58. — Alésage d'un coussinet de palier à l'aide d'une fausse bielle. 19, fausse bielle; 21, coussinet.

Dressage des plans de joint. — On réunit d'abord les deux demi-coussinets, débarrassés de toute bavure, pour vérifier la portée des faces. Celles-ci sont peut-être à dresser, ce qu'on peut faire facilement sur le marbre, avec une toile d'émeri très fine. Le coussinet doit former un cylindre parfait. Il arrive que le diamètre au plan de joint soit plus grand que le diamètre perpendiculaire, surtout en cas de « réajustage » antérieur des coussinets. Cet oval est à supprimer avant tournage. Au besoin par adjonction de cales.

Tournage des coussinets de palier. — Plutôt que l'as-

semblage des demi-coussinets par soudure, nous conseillons l'emploi d'une fausse bielle (fig. 58), tout comme pour les coussinets de bielle rapportés. On approche, à quelques dizièmes de la cote; on laisse donc un peu plus de matière que sur les bielles. La raison est la suivante. Les coussinets de palier ne constituent

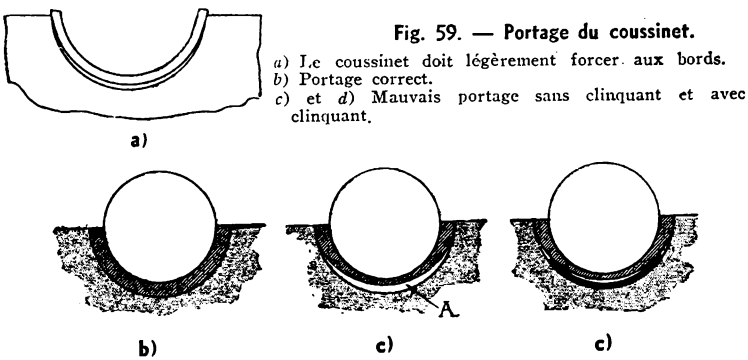


Fig. 59. — Portage du coussinet.
a) Le coussinet doit légèrement forcer aux bords.
b) Portage correct.
c) et *d*) Mauvais portage sans clinquant et avec clinquant.

pas chacun une pièce indépendante; il y a au contraire entre eux un lien rigide qui est le carter et qui peut avoir subi des déformations. Il faut donc pouvoir centrer non pas le coussinet, mais son alésage, sans être obligé d'enlever trop de métal d'un côté.

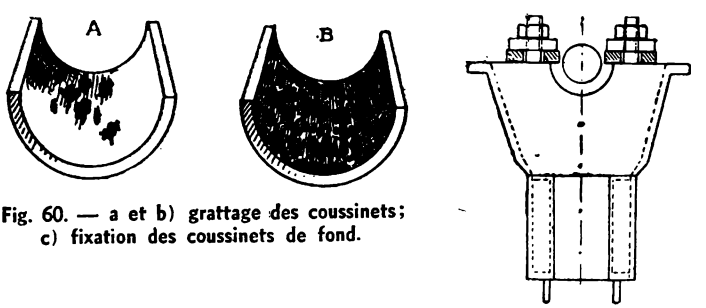


Fig. 60. — a et b) grattage des coussinets; c) fixation des coussinets de fond.

Portage du coussinet dans le palier. — Le demi-coussinet doit forcer légèrement aux bords pour entrer dans son logement. (Fig. 59 *a*). Au besoin, on peut l'ouvrir légèrement par un coup de maillet. Enduire la portée du palier ou du chapeau de sanguine et mettre le coussinet en place. S'il ne porte pas sur toute la surface, il faut retoucher la coquille à la lime douce ou

à la bande « Durex ». Il et indispensable que la portée soit absolument parfaite et qu'il n'y ait entre la coquille et le logement aucune discontinuité de contact, ceci pour des raisons d'évacuation de chaleur. Il en résulte que si une coquille ne porte qu'aux bords et non au fond de son logement, il vaut mieux la limer sur toute la surface et mettre un clinquant faisant la demi-circonférence que de placer simplement un morceau de clinquant dans la portion d'arc du fond. (Fig. 50 *b-d*). Lors de cette retouche à la lime, il ne faut pas perdre de vue que les bords doivent forcer un peu. L'interposition d'un clinquant est souvent rendue nécessaire par la descente exagérée d'un coussinet intermédiaire, ainsi que nous le verrons plus loin.

Ajustage des coussinets. — Nous parlerons d'abord de la finition au grattoir. On place les demi-coussinets de fond des deux paliers extrêmes et l'on pose le vilebrequin. Quelques coups de maillet en caoutchouc ou en bois, avec interposition d'un morceau de bois, assujettiront les coussinets dans les paliers, dont on pourra vérifier en même temps la portée définitive, si l'on a enduit la coquille de sanguine. On peut également bloquer les coussinets à l'aide de barres de fers plates, disposées et serrées comme le montre la figure 60 *c*. Après avoir fait faire quelques tours au vilebrequin, on l'enlève; on retire les coussinets qu'on retouche aux endroits marqués par la rotation. et le cas échéant aussi la portée de la coquille. (Fig. 60 *a* et *b*.) On répète l'opération jusqu'à ce que les tourillons portent partout; on ajuste ensuite le demi-coussinets inférieurs (chapeaux de palier), en procédant de la même façon. Il est bien évident, qu'après chaque rotation, il faut gratter les coussinets des *deux* paliers.

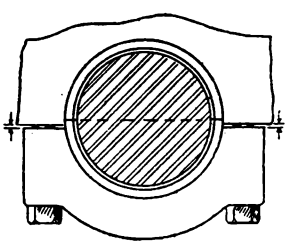


Fig. 61. — Pincement du chapeau (coussinet avec coquille en acier).

Une fois que ces coussinets sont ainsi centrés et ajustés, on

vérifie le pincement du chapeau qui doit être de quelques centièmes, surtout si la coquille est en acier, suivant le diamètre. (Fig. 61). Pour n'avoir pas à mesurer les deux demi-coussinets, et aussi parce que le plan de joint du coussinet ne coïncide pas toujours avec celui du palier, on prend la mesure quand l'ajustage est terminé. On desserre à cet effet le ou les écrous d'un côté; le chapeau doit lever légèrement. Si non, on retire le chapeau qu'on diminue par quelques passes sur une toile d'émeri. Il arrive aussi qu'il y ait trop de pincement, en ce cas, on ajoute une cale qui toutefois ne doit pas porter sur le coussinet. L'excès de pincement est dû au fait que le chapeau a été diminué lors de resserrages antérieurs.

Après les deux paliers extrêmes, on ajuste les paliers intermédiaires, et d'abord le palier central. En règle générale on peut donc suivre l'ordre ci-après :

5 paliers : 1 et 5 ensemble, puis 3, 2, 4.
7 paliers : 1 et 7 ensemble, puis 4, 3, 5, 2, 6.
9 paliers : 1 et 9 ensemble, puis 5, 3, 7, 2, 8, 4, 6.

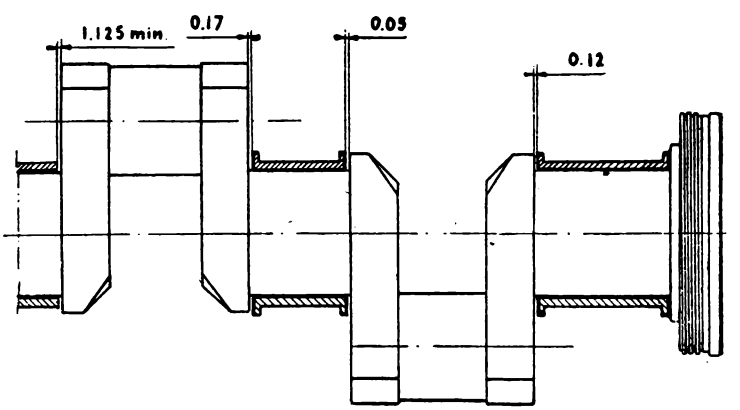


Fig. 62. — Jeu latéral du vilebrequin (Latil).

Le vilebrequin ne doit pas se déplacer axialement. Les coussinets de palier ont en général le même jeu latéral que les bielles, excepté le palier de réaction axiale qui est soit un palier extrême, soit le palier central, et dont le jeu varie d'un moteur à l'autre suivant l'emplacement du palier, le métal du carter, etc.

En principe ce jeu est inférieur à celui des autres paliers. (Fig. 62.)

Le jeu latéral des coussinets est prévu en partie pour laisser passer une certaine quantité d'huile projetée par force centrifuge et servant à graisser les cylindres.

Ceci explique pourquoi on donne moins de latéral aux coussinets des moteurs à graissage mixte ou à graissage par barbotage.

Dans certains moteurs le latéral du palier de réaction est réglé à l'aide de rondelles d'épaisseur. De toute façon le latéral de ce palier est à contrôler après ajustage de la ligne, à l'aide d'une cale et sur toute la périphérie. (Fig. 63.)

Mais une question se pose au mécanicien : Comment vérifier le jeu diamétral? Il faut dire qu'en pratique on ne le vérifie pas. On se base uniquement sur la résistance que la bielle ou le vilebrequin opposent à la rotation. Méthode imprécise s'il en fût, car la bielle qui semble presque libre à l'un, paraîtra dure à

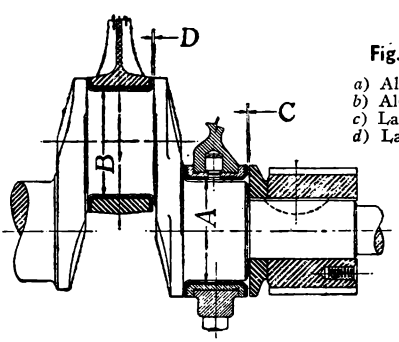


Fig. 63. — Vérification des jeux.

a) Alésage du coussinet de palier.
b) Alésage du coussinet de bielle.
c) Latéral de palier.
d) Latéral de bielle.

l'autre. Certes, on peut considérer qu'une bielle est libre si, placée en haut, elle fait au moins un tour complet sous une légère impulsion.

Par ailleurs, l'introduction des cales ordinaires n'est pas facile. Aussi croyons-nous utile de signaler ici un moyen pratique et qui est préconisé entre autres par la *Federal Mogul Corp.* (E. U. A.).

Prendre une cale en cuivre d'environ 25 mm de largeur et dont la longueur est de 25 mm inférieure à la largeur du coussinet.

Arrondir les angles et adoucir les arêtes. Desserrer tous les chapeaux de palier.

Enduire les deux côtés de la cale d'huile fluide. Placer la cale, dont l'épaisseur est égale au jeu à vérifier, sur le tourillon central dans le sens du vilebrequin. Bloquer le chapeau et faire au vilebrequin environ 45° de chaque côté, soit un déplacement de 90°. Le vilebrequin, qu'on saisit aux manetons ou aux bras, doit tourner à la main, avec un effort moyen.

Procéder de la même manière pour les autres paliers, étant entendu que tous les paliers doivent être débloqués, excepté celui dont on vérifie le jeu. Après le palier central on examine ainsi les paliers extrêmes, puis les autres paliers intermédiaires. A défaut de cales, prenez du papier à cigarettes, le nombre de feuilles variant suivant le jeu.

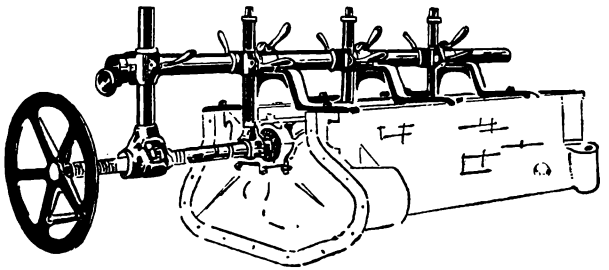
Pour les moteurs industriels montés avec des jeux relativement importants, on se sert d'un fil de plomb mou, placé comme la cale dont nous venons de parler. Bloquer le chapeau de palier. Le plomb est ainsi écrasé à une épaisseur égale au jeu. On retire le fil et on mesure l'épaisseur avec le palmer. Ce procédé que nous signalons parce qu'il peut être appliqué sur les moteurs fixes, ne convient pas toutefois pour les moteurs d'automobiles. En effet, en essayant d'écraser le fil à moins de 0,20 ou 0,25 mm on risque de le faire pénétrer dans le régule qui n'est en somme qu'un support mou de cristaux durs; en outre, la lecture du palmer indiquerait un jeu supérieur au jeu réel.

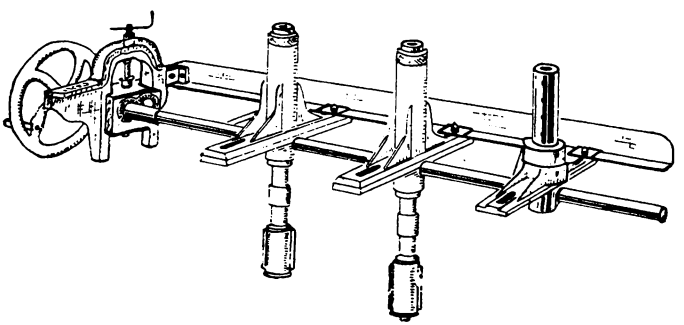
Les bielles peuvent être contrôlées comme les paliers.

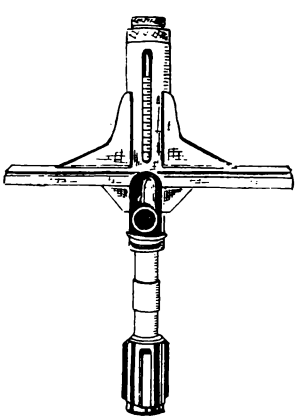
Alésage à la machine. — De plus en plus, on alèse les coussinets de palier en ligne, c'est-à-dire à la machine. Trois méthodes sont employées :

La première, réservée aux usines et aux ateliers de rectification importants, en raison du prix élevé de la machine, alèse à l'outil unique (Widia ou Diamant) avec une très grande vitesse de coupe et une faible avance. Mais il existe aussi des machines travaillant au couteau, à une vitesse plus réduite.

La deuxième est l'aléseuse portative, constituée par plusieurs supports et une barre d'alésage. Dans chaque palier extrême, on place une douille de centrage. On introduit la barre d'alésage sur







L'appareil ci-dessus se centre dans les cylindres de façon à obtenir une ligne perpendiculaire à ceux-ci. (Voir ci-contre un élément de centrage extensible.)

Fig. 64. — Appareils à aléser la ligne d'arbre.

laquelle on engage successivement les centreurs; on place les supports, on centre et on bloque tous les organes de fixation et de centrage. On retire la barre d'alésage, on met les coussinets en place et on réintroduit la barre munie de ses couteaux réglés à la cote. Ces machines peuvent être actionnées à la main ou par un petit moteur électrique. Elles permettent, quand elles sont bien construites, de finir les alésages à la cote. Mais, la mise en place et le réglage sont assez longs.

La troisième solution consiste dans l'emploi de l'alésoir à lames, c'est-à-dire l'alésoir extensible. Sur une barre d'alésage on monte, suivant le cas, un ou plusieurs alésoirs. On peut aléser plusieurs coussinets à la fois, et procéder par plusieurs passes. Les alésoirs sont réglable au 1/100e. La barre est guidée par des cônes de centrage. Les deux points qui méritent attention sont le centrage et les risques de broutage. On aura intérêt à procéder de la façon suivante, à condition d'avoir une barre assez longue : Centrer sur le deuxième et l'avant-dernier palier et aléser les deux paliers extrêmes et le palier central. Centrer ensuite sur celui-ci et un palier extrême, pour aléser les paliers intermédiaires, c'est-à-dire 2 et 4 ou, s'il y a 7 paliers, les paliers 2 et 3; les paliers 5 et 6 seront alésés après centrage sur 4 et 7.

Suivant le diamètre d'usinage du coussinet on peut faire une première passe de 4 à 5/100e, voir 1/10e et même plus. Si l'on commence par une passe trop faible, on risque de ne pas aléser en ligne. Supposons, en effet, qu'un palier soit excentré de 1/10e, ce qui est fréquent. L'outil, au lieu d'enlever 1/10e d'un côté, se centrerait sur le coussinet et enlèverait 5/100e sur toute la périphérie, de sorte que l'excentrage subsisterait. Par contre, avec une passe de 15/100e ou 2/10e, l'alésoir mordra partout et les alésages seront alignés. Bien entendu, il faut qu'au tournage on n'ait pas trop approché la cote définitive. Les passes suivantes peuvent être de plus en plus faibles; on peut finir avec 1 ou 2/100e. Pour les dernières passes, il y a intérêt à graisser avec un peu d'huile, afin d'obtenir des surfaces lisses.

Deux méthodes d'ajustage sont à proscrire : Le rodage à la potée et le rodage avec serrage progressif des coussinets.

Conséquences des jeux excessifs. — L'ajustage d'un moteur avec des jeux corrects est d'une importance capitale pour la bonne marche. Tout mécanicien sait que la consommation d'huile augmente avec le jeu. Mais ce qu'on ignore souvent, c'est dans quelle proportion les fuites latérales augmentent. On a mesurée les fuites d'un vilebrequin dont les soies faisaient 50 mm de diamètre, monté avec 4/100e de jeu sur le diamètre et 13/100e de latéral, chiffres normaux pour le diamètre en question.

On doubla le jeu, les fuites furent quintuplées; puis on quadrupla (16/100e sur le diamètre et 50/100e de latéral), les fuites atteignirent vingt-cinq fois la quantité enregistrée avec le jeu normal.

Nécessité d'un jeu normal. — Beaucoup de réparateurs continuent à monter leurs coussinets avec un jeu insuffisant, restant ainsi fidèles au système du montage dur d'autrefois. Or, ce qui pouvait être satisfaisant avec les faibles charges et vitesses linéaires de jadis ne l'est plus à l'heure actuelle. Un montage trop serré provoque presque toujours une destruction rapide des coussinets et souvent le coulage des bielles. Nous insistons donc pour qu'on laisse au moins un jeu égal au millième du diamètre avec un antifriction dur et un peu plus avec un métal malléable.

Charges supportées par les coussinets. — Nous avons déjà dit que l'équipage mobile supporte des charges beaucoup plus élevées dans le moteur à huile lourde que dans le moteur à essence pour les raisons suivantes :

1° La pression de compression dépasse rarement 10 kgs, dans le moteur à essence, tandis que dans le moteur à huile lourde elle atteint facilement 35 kgs, ce qui rend plus difficile la formation d'une pellicule d'huile suffisante.

2° Par suite du poids plus élevé des organes, les paliers du moteur à huile lourde sont également plus chargés pendant les courses d'admission et d'échappement, qui sont les moins chargées du cycle.

3° Les pressions d'explosion sont plus élevées; elles atteignent facilement 75 kgs contre 40 à 45 kgs dans le moteur à essence.

4° Les fortes pressions de compression et d'explosion du

moteur à huile lourde se manifestent immédiatement, dès la mise en route, donc avant que le graissage se fasse normalement. On sait que le Diesel démarre sur plein débit de la pompe.

Resserrage des coussinets. — Nous avons déjà dit précédemment que nous ne sommes pas partisans du rattrappage de l'usure des coussinets et bielles par grattage et resserrage. Qu'on lime les plan de joint, ou qu'on place un clinquant sous la coquille, il ne s'agit là que de palliatifs. Quant aux cales de papier que certains mécaniciens affectionnent, elles sont à rejeter d'un façon absolue. Au bout d'un certain temps, le coussinet jouerait dans le palier, il se produirait alors un véritable martelage qui détruirait la garniture.

Quelques conseils. — Si vous interposez des clinquants, percez-les à l'endroit de l'arrivée d'huile et le cas échéant à l'endroit de l'ergot.

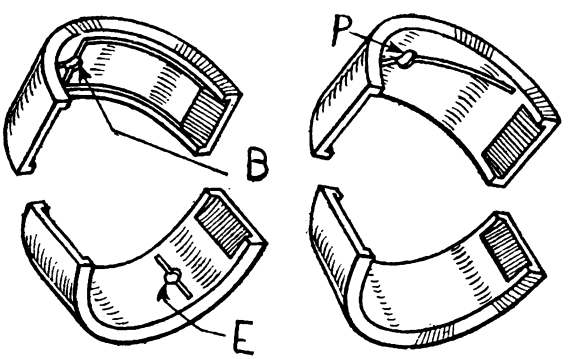


Fig. 65.

a) Rainures de graissage d'un coussinet de palier. *b*) Rainures de graissage d'un coussinet de bielle.

Les rainures de graissage doivent s'arrêter au moins à 5 mm du bord. Si vous ignorez la forme, ne tracez pas de pattes croisées comme on les faisait autrefois, mieux vaut laisser les coussinets lisses; tout au plus pourrez-vous creuser légèrement de part et d'autre du trou d'arrivée (creux large et profond, tangent

à la paroi.) Un autre tracé pour coussinets de palier est représenté par la figure 65 *a* tandis que la figure 65 *b* montre les rainures de graissage d'un coussinet de bielle.

Il n'est pas rare que les pièces soient quelque peu maltraitées lors des nombreuses manipulations au cours d'une réparation. Il faut donc les vérifier soigneusement quand elles reviennent du rectifieur, retoucher à la lime ou la toile toutes les parties lisses qui ont pu être endommagées.

Si, après tournage, un coussinet présente des porosités, on peut supprimer celles-ci par apport de régule au fer à souder, à condition qu'il ne s'agisse pas de véritables trous. En ce cas, il faut réguler à nouveau.

En ce qui concerne l'ajustage au grattoir, nous attirons l'attention sur le fait qu'un résultat satisfaisant est plus difficile à obtenir à cause du jeu qu'il faut laisser et qui doit se répartir uniformément sur toute la circonférence. Il est utile de brunir après grattage, pour écraser les aspérités que le grattoir peut laisser. Le brunissoir donne une surface absolument lisse.

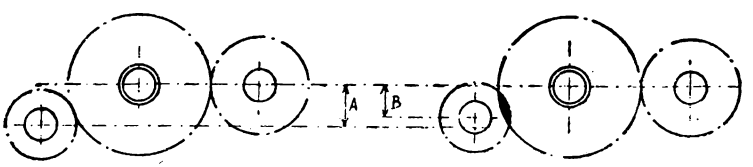


Fig. 66. — Effet d'un resserrage exagéré des coussinets de ligne d'arbre sur l'entr'axe des pignons de distribution.

Un dernier point : le vilebrequin doit tourner plus facilement dans une ligne « resserrée » que dans une ligne entièrement refaite, dont le régule n'est pas encore tassé. A l'ajustage neuf, on doit donc laisser moins de jeu qu'à un resserrage.

CHAPITRE VI

LA CULASSE

A première vue, il ne semble pas y avoir de différence entre la culasse d'un moteur à huile lourde et celle d'un moteur à essence avec soupapes en tête. Mais ce n'est là qu'une apparence.

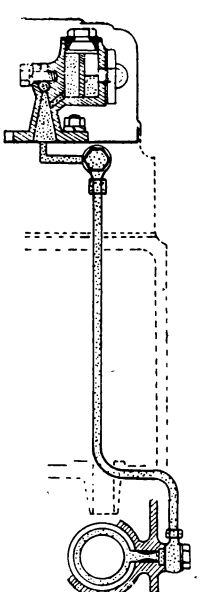


Fig. 67.
Arrivée d'huile sur culasse (Berliet).

Démontage. — Notons d'abord que la culasse est tenue, sur certains moteurs, par les mêmes goujons qui fixent les chapeaux de palier et qui traversent donc le groupe dans toute sa hauteur.

Nous avons déjà indiqué plus haut (voir page 14) les organes qu'il faut retirer de la culasse avant d'enlever le moteur du châssis. La manière de procéder n'est pas différente, quant à la culasse, lorsque le moteur reste en place, par exemple en cas de décalaminage et de réfection des soupapes. Avant de décoller la culasse, il faut s'assurer qu'il n'y a plus aucune liaison avec le groupe. Ceci ne concerne pas seulement le tube d'arrivée d'huile sur culasse, tube qui est souvent monté à l'extérieur (fig. 67), mais aussi, pour certains moteurs du moins, la plaque de raccord de circulation d'eau (par exemple Unic).

Dégroupage. — Lors de ce travail on doit vérifier soigneusement, avant de le dé-

monter, la portée de chaque organe, notamment des soupapes et de leurs sièges, des guides, des décompresseurs, etc.

Les soupapes d'échappement sont souvent piquées, tant à la tête qu'à la tige. La réfection, si les soupapes ne sont pas trop endommagées, doit être faite autant que possible à la meule, de préférence au simple rodage, opération beaucoup trop longue et qui a un autre inconvénient. C'est que ce travail est souvent confié à de jeunes ouvriers qui, par négligence ou manque d'expérience, n'y apportent pas toujours le soin voulu. Cependant, certains constructeurs (p. ex. Citroën) déconseillent la meule et la fraise et préconisent un léger rodage à la potée.

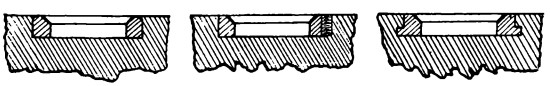


Fig. 68. — Sièges de soupapes rapportés :
a) Sertis — *b*) Vis entre cuir et chair — *c*) Collerette.

Nous attirons l'attention sur le fait que, contrairement au moteur à essence, le moteur à huile lourde a souvent des soupapes de même diamètre pour l'échappement et l'admission. Aussi convient-il de les repérer d'autant plus soigneusement que les deux soupapes sont souvent en aciers différents. Parfois, elles sont interchangeables, mais en cas de doute et à défaut d'indications précises quant à l'acier employé, il est plus prudent de les repérer pour éviter toute erreur.

En ce qui concerne les guides, on peut les réaléser s'ils ne sont pas trop usés; on monte en ce cas des soupapes avec tiges cote de réparation. Le jeu de la tige dans le guide ne doit pas dépasser 6 à 8/100 pour l'admission et 12 à 18/100 pour l'échappement.

Les sièges usés ou piqués sont à rectifier, à la meule ou à la fraise, à condition qu'ils ne soient pas trop descendus. Un siège trop bas est à rebaguer (fig. 68). A cet effet, on pratique une saignée dans laquelle on insère une bague constituant le nouveau siège. Cette bague peut être sertie par refoulement du bord à l'aide d'un tampon, ou immobilisée par une petite vis entre cuir et chair; une troisième solution exige le refroidissement dans de l'air liquide ou de la glace sèche. Il faut que le rétrécissement

de la bague soit suffisant pour que la collerette puisse passer dans la saignée (fig. 68 *c*). Signalons que beaucoup de moteurs ont des sièges de soupapes d'échappement rapportés, qui sont le plus souvent en alliage spécial (stellite).

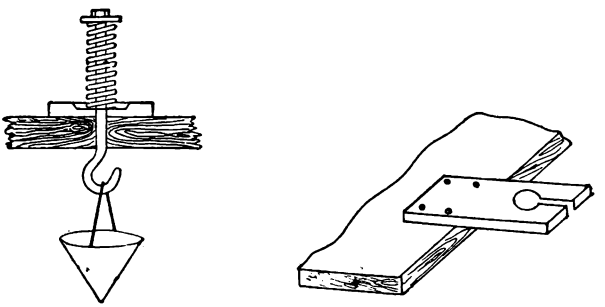


Fig. 69. — Tarage des ressorts de soupape.

Quand on monte des soupapes neuves, il est bon de vérifier leur portée en procédant de la même façon qu'en cas de rectification ou de rodage. Il peut arriver que la tige soit faussée.

Si l'on ne dispose pas d'un vérificateur d'étanchéité, on peut verser un peu d'essence dans les conduits de gaz, les soupapes étant fermées.

Les guides sont à pétroler de temps à autre; ne jamais employer d'huile, à cause des risques de cokéfaction et de calaminage.

Ressorts. — Dans la plupart des ateliers de réparation on attache peu d'importance à la vérification des ressorts. Il est indispensable, pourtant, de mesurer la tension de ceux-ci et de changer ceux qui sont affaiblis. Il existe des appareils spéciaux, basés sur le principe du dynamomètre, mais leur emploi est peu répandu. Voici un moyen de vérifier les ressorts, sans appareil, et avec une précision réelle. Comme le montre la figure 69, on fixe sur l'établi un morceau d'acier plat (lame de ressort), sur lequel on place le ressort comprimé par une tige lestée. Le poids étant le même pour tous les ressorts, ceux-ci doivent avoir une même longueur, quand ils sont comprimés.

Rampe et culbuteurs. — Ces pièces s'usent d'une part aux

faces d'appui contre les soupapes ou les tringles, d'autre part, à la portée circulaire du culbuteur sur la rampe. Une usure importante de cette partie nécessite le remplacement, tandis que les faces d'appui peuvent être rectifiées. Le jeu du culbuteur sur la rampe doit être de quelques centièmes seulement. Les canaux et orifices de graissage sont à nettoyer soigneusement. Si la rampe des culbuteurs est pourvue d'une pastille calibrée, à l'arrivée d'huile, il convient de ne pas agrandir l'orifice de la pastille.

Démontage des chambres. — Une règle essentielle est à observer : Ne jamais forcer pour retirer les chambres. S'assurer au préalable qu'aucune pièce n'empêche le retrait. On enlève donc, si ce n'est déjà fait, l'injecteur et le réchauffeur,

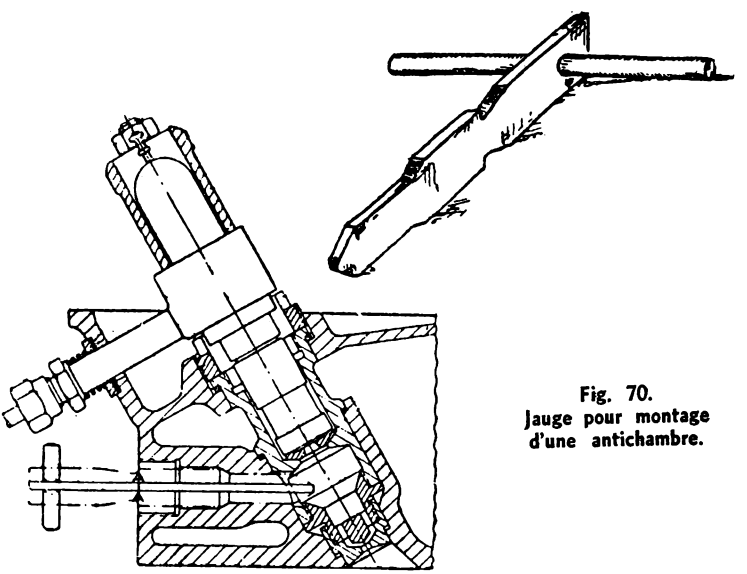


Fig. 70.
Jauge pour montage d'une antichambre.

voire même le bouchon dans lequel se visse le réchauffeur. En certains cas, le retrait des chambres exige un outillage spécial. Par ailleurs, quand on n'a pas d'indications précises sur le montage, il est préférable, lorsqu'on opère sur un moteur en place, de vider le radiateur. Il existe, en effet, des moteurs dont les

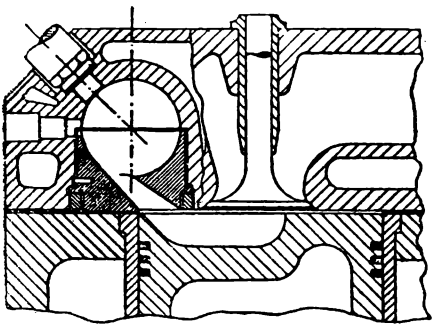


Fig. 71.
Antichambre usinée dans la culasse (Ricardo-Comète sur Citroën).

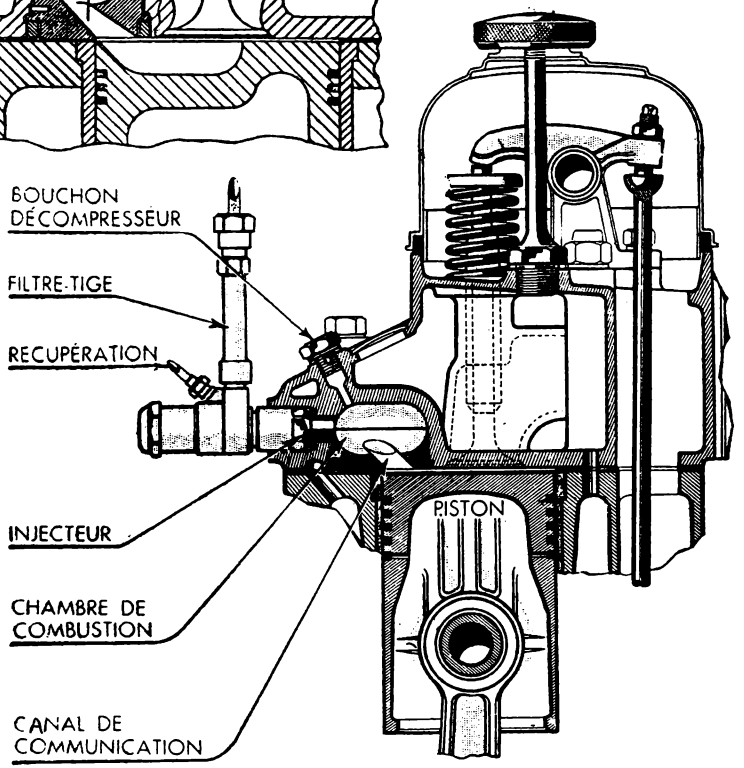


Fig. 72. — Culasse Berliet (ancien modèle) avec chambre Ricardo-Whirlpool. Ses nouveaux moteurs ont une chambre Comète.

chambres sont directement en contact avec l'eau de refroidissement.

La plupart des chambres ont une orientation déterminée par un bonhomme, un ergot ou une encoche. Il faut distinguer entre les chambres rapportées (par exemple, Oberhansli sur Peugeot et Rochet-Schneider) et les chambres insérées dans la culasse. En ce dernier cas, on se sert d'une jauge spéciale pour monter

la chambre convenablement et l'orienter de manière à pouvoir placer le réchauffeur (fig. 70).

Si la chambre est constituée par une cavité usinée dans la culasse et fermée en bas par une calotte rapportée, il faut que celle-ci ne soit pas en retrait par rapport au plan de la culasse (fig. 71 et 72) ni l'écrou qui la fixe.

L'étanchéité est généralement assurée par une légère conicité, ceci sans préjudice des joints qui se caractérisent par l'épaisseur et la matière.

Il est bien évident que les parois de la chambre ainsi que les parois intérieures de la culasse sont à débarrasser soigneusement de la calamine. Nous conseillons même de polir les surfaces à la toile émeri. Plus elles sont lisses, moins les dépôts adhéreront.

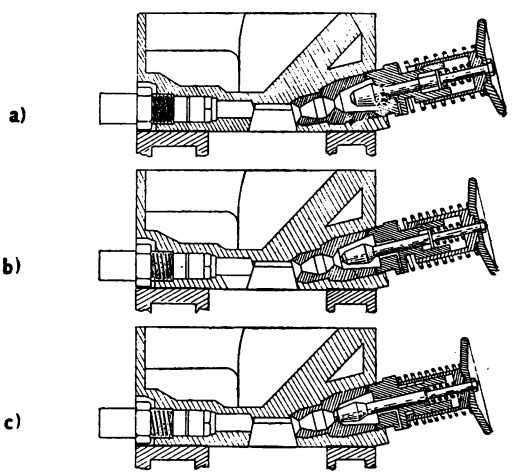


Fig. 73. — Chambre de réserve d'air Lanova.
A) Départ — B) Marche — C) Décompression.

Certains dispositifs exigent une attention toute particulière au point de vue de l'étanchéité. C'est le cas notamment pour les chambres de réserve d'air sytème Lanova. Cette chambre se caractérise par le fait qu'elle est à volume variable (1). Elle possède deux compartiments qui communiquent par un passage étranglé. Pour le départ, on isole la chambre intérieure de la

(1) Voir notre ouvrage : *Guide professionnel du Moteur à huile lourde* (E. Chiron, Paris).

chambre extérieure en fermant le passage à l'aide d'une olive en bout d'une tige vissée (fig. 73 *c*). On obtient ainsi un taux de compression élevé pour la mise en route. Pour la marche normale on dévisse la tige, la chambre extérieure est ainsi mise en communication avec le cylindre (fig. 73 *a*) et le moteur travaille avec un taux de compression moindre. Dans la position intermédiaire, le dispositif agit comme décompresseur (fig. 73 *b*). On conçoit aisément que les cônes de l'olive doivent avoir une portée parfaite sur leur siège. On démonte donc de temps à autre les différentes pièces et on rodera au besoin les portées.

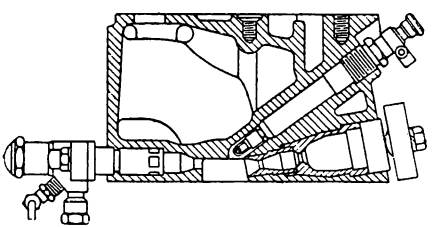


Fig. 74. — Chambre Buda-Lanova (Panhard).

Le Buda-Lanova qu'on trouve sur des châssis Panhard diffère quelque peu du type d'origine dont nous venons de parler. Buda utilise un réchauffeur pour le départ et renonce à la séparation des deux chambres. (Fig. 74.) Dans les deux types, la chambre de combustion a la forme d'un 8.

Dispositif de décompression. — Il ne faut pas confondre celui-ci avec les bouchons qu'on trouve sur certains moteurs, vissés dans le cylindre ou la culasse. Ils peuvent certes servir comme décompresseurs, mais ne constituent pas des dispositifs réglables. Parmi ces derniers, le décompresseur Gardner mérite d'être examiné de près. Sur la culasse est monté un arbre à cames commandé à la main à l'aide d'un secteur denté. Les cames agissent sur les culbuteurs des soupapes d'aspiration à l'effet de :

1° supprimer entièrement la compression en décollant les soupapes d'admission de leur siège et en les maintenant soulevées ;

2° Déplacer latéralement le culbuteur de la soupape d'admission sur son axe pour varier les moment d'ouverture et de fermeture, afin d'obtenir le maximum de compression pendant qu'on tourne la manivelle.

En cas de démontage, il convient de repérer soigneusement l'engrènement du secteur avec le pignon monté sur l'arbre de décompression, afin de pouvoir remonter les pièces correctement.

Remontage de la culasse. — Toutes les pièces étant bien nettoyées, et au besoin rincées dans de l'essence, on peut procéder au regroupage. On se sera assuré, au préalable, de l'état du plan de joint qui est peut-être déformé. Le dressage de la culasse s'impose en ce cas. En outre, il faut vérifier l'étanchéité des puits d'injecteur qui sont parfois sertis dans la culasse. (Voir figure 103, page 139.)

Enfin, on doit tenir compte du repérage des culasses même. En effet, la culasse d'un moteur à huile lourde est rarement d'une seule pièce. Suivant le cas, il y a une culasse pour un, deux, ou trois cylindres. Ces éléments sont parfois numérotés et doivent être remontés dans leur ordre primitif.

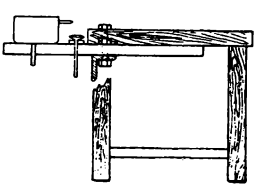


Fig. 75. — Aménagement de l'établi pour le montage de la culasse.

Les culasses remontées sont à mettre à l'abri de la poussière, en attendant la repose sur le groupe. Quant à cette dernière opération, elle exige des précautions qui diffèrent d'un moteur à l'autre, mais qui concernent principalement l'épaisseur du joint, l'affleurement des pistons, l'orientation des soupapes.

Aussi croyons-nous intéressant, plutôt que de donner quelques indications générales qui seraient forcément très vagues, d'exposer la manière de procéder pour différents types de moteurs. Le lecteur aura ainsi, grâce à des exemples choisis, toutes les précisions utiles :

LATIL. — Le démontage de la culasse est simple et rapide. Les écrous de fixation sont accessibles du dessus de la culasse. Pour

empêcher la détérioration des buses des injecteurs qui dépassent la face plane de la culasse, il y a lieu de démonter les injecteurs séparément avant d'enlever la culasse.

Les soupapes d'admission, munies d'un déflecteur, sont placées de manière que ce déflecteur se trouve du côté des tubulures. Elles sont maintenues dans cette position par une goupille introduite dans la coupelle. La rainure dans la coupelle, et celle de la tige de soupape sont désaxées de sorte qu'il est impossible d'introduire la goupille si la soupape est mal orientée.

Les ressorts de soupapes sont à mettre en place avant les injecteurs (nous conseillons de ne monter ces derniers qu'après repose de la culasse sur le moteur). Pour monter les coupelles on comprime les ressorts à l'aide d'un levier prenant appui sous l'étrier de l'injecteur, cet étrier étant maintenu par ses deux écrous.

Le joint de culasse est de très faible épaisseur; il ne faut jamais l'enduire d'une pâte d'étanchéité. Prendre plutôt de l'huile de lin cuite graphitée. Les rondelles en caoutchouc qui s'insèrent dans le plan de joint et forment joints d'eau, sont à remplacer chaque fois qu'on démonte la culasse. Celle-ci doit être serrée à nouveau quant le moteur est chaud.

RENAULT. — Les culasses sont repérées par numéro marqué au-dessus du robinet de décompression. Aucune particularité en ce qui concerne le démontage. Par contre, lors du remontage, il faut mesurer exactement la distance entre le PMH du piston et le plan de joint de la culasse, distance qui doit être d'environ 1 mm à froid avec une tolérance de $=$ 0,1 mm. On la mesure à l'aide d'un témoin en plomb qu'on place sur la tête du piston, du côté droit. On bloque la culasse, on amène le piston au PMH, on démonte la culasse et on mesure, avec un pied à coulisse, l'épaisseur de la pastille de plomb. Si l'on ne trouve pas la cote exacte, il faut monter un joint de culasse plus gros ou plus mince, suivant le cas.

Un autre point à surveiller est l'alignement latéral des culasses. Les collecteurs d'eau et d'échappement, ainsi que la tubulure d'admission sont fixés aux culasses avant le bloquage de celles-ci.

CITROËN (4 CYL.). — Avant remontage de la culasse, il faut remettre les poussoirs en place. Au premier serrage, seul les quatorze écrous des trois rangées de droite sont à serrer. Un

deuxième serrage, comprenant les quatre rangées d'écrous (au total 22) doit être fait à chaud. (Retirer le réchauffeur et les rampes de culbuteurs, à moins d'avoir deux clés spéciales).

La chambre de turbulence est usinée directement dans la culasse et fermée en bas par une calotte maintenue par un bonhomme et une bague vissée.

Le joint de culasse, avec la partie lisse côté carter, est à enduire d'huile de lin cuite. Après serrage, la distance entre les plans de joint du cylindre et de la culasse doit être de 1,7 mm côté droit (tubulures) et 1,5 mm côté gauche (injecteurs).

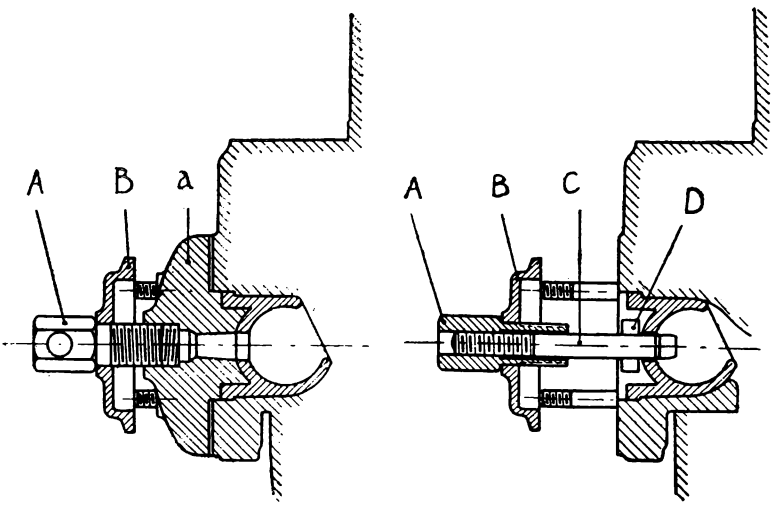


Fig. 76. — Démontage des boules chaudes (Rochet-Schneider).

En ce qui concerne la rampe de culbuteurs, elle ne devra en aucun cas recevoir de mèches, même si le moteur n'est pas pourvu du graissage intermittent et s'il comportait primitivement une mèche. En tous les cas, que le graissage soit continu ou intermittent, l'arrivée d'huile à la rampe doit se faire par une vis calibrée à 1,5 mm.

La face extérieure de la tête de soupape doit se trouver au moins de 6/10 mm en retrait du plan de joint de la culasse. Cette côte est à vérifier exactement en cas de montage de nouvelles soupapes.

ROCHET-SCHNEIDER. — La chambre est constituée par une ca-

vité ménagée dans le côté de la culasse et dans laquelle est insérée une coquille dont la position est déterminée par un bonhomme de centrage. Cette coquille est maintenue par une plaque qui forme en même temps collecteur d'eau. Il faut donc, quand on veut retirer une coquille, — appelée également boule chaude — vider au préalable le radiateur. Enlever le réchauffeur et visser à sa place un extracteur pour retirer d'abord la plaque-collecteur (fig. 76). Visser ensuite dans l'extracteur une tige filetée, dont l'autre extrémité, écartée à l'aide de la pièce D, est introduite dans la coquille. Amener le plateau B de l'extracteur contre les goujons et visser l'écrou A pour faire sortir la coquille.

SAURER. — Cette firme construisait primitivement des moteurs avec chambre de réserve d'air système Acro, qu'elle abandonna pour le type à turbulence, avec chambre de turbulence ménagée dans le piston.

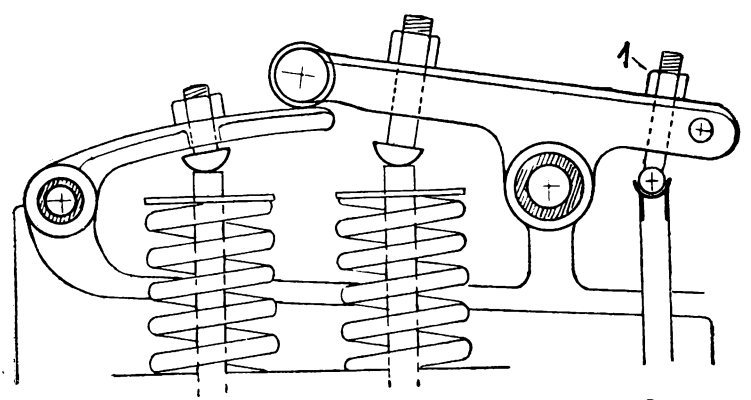


Fig. 77. — Disposition des soupapes et culbuteurs sur moteur Saurer.

Ces moteurs comportent quatre soupapes par cylindre, deux pour l'admission et deux pour l'échappement. Les soupapes d'admission comportent un déflecteur ; il est donc indispensable qu'elles soient orientées convenablement. A cet effet, les tiges de soupapes comportent deux méplats. La cuvette inférieure du ressort de soupape est munie d'une fente ouverte, et porte en outre à sa partie inférieure un ergot dont le logement est ménagé dans la culasse. La cuvette ne peut donc prendre qu'une seule position sur la culasse, tandis que la soupape peut prendre dans la cuvette deux positions, l'une à 180° de l'autre. Pour empê-

cher que le déflecteur soit tourné du côté opposé, l'extrémité de la tige de soupape est marqué d'un coup de pointeau, du côté opposé au déflecteur. On engage la tige de soupape dans la cuvette, de telle sorte que le coup de pointeau soit placé du côté de l'ouverture de la fente. Le déflecteur se trouve alors du côté de l'ergot.

Il y a deux rampes de culbuteurs; une série de culbuteurs est attaquée directement par les poussoirs, l'autre est commandée par les culbuteurs de la première série (fig. 77). Pour enlever les deux rampes, il faut au préalable démonter les tuyaux d'injection, le collecteur des pertes et dévisser les boulons qui fixent les supports sur la culasse.

Quant au réglage de soupapes, on procède par groupe de deux soupapes s'ouvrant simultanément. On place entre les vis et chacune des deux soupapes une cale de 0,2 mm et on règle les trois vis pour supprimer tout jeu : 1° entre le culbuteur gauche et la tringle; 2° entre le culbuteur droit et le galet du culbuteur gauche.

De cette façon, lorsqu'on retire les cales et qu'on appuie les culbuteur sur les soupapes, on aura 0,2 mm de jeu entre la vis 1 et la tringle.

UNIC. — Les culasses sont séparées et peuvent donc être démontées séparément. Pour cela, on enlève le couvre-culasse et le couvercle de côté (fig. 78), pendant qu'on laisse le radiateur se vider; on démonte les raccords d'eau H ainsi que le collecteur d'eau I, le tube d'aspiration J et le collecteur d'échappement K. On dévisse l'écrou-raccord E pour séparer l'injecteur du tuyau de refoulement. On sort les tringles de commande des culbuteurs, en les repérant pour ne pas les intervertir lors du remontage.

Chaque culasse est fixée par quatre écrous. Après avoir enlevé la culasse, on retire le joint de cuivre rouge L. Ne pas oublier de recuire ce joint, en cas de réutilisation. A cet effet, on le place sur une plaque d'acier chauffée au rouge sombre. Dès que le joint a pris lui-même cette coloration qui correspond à environ 700°, on le trempe dans l'eau. Il peut être nécessaire de diminuer le diamètre extérieur du joint pour qu'il puisse s'encastrer avec un jeu de 4 à 5/100 dans la petite saignée prévue

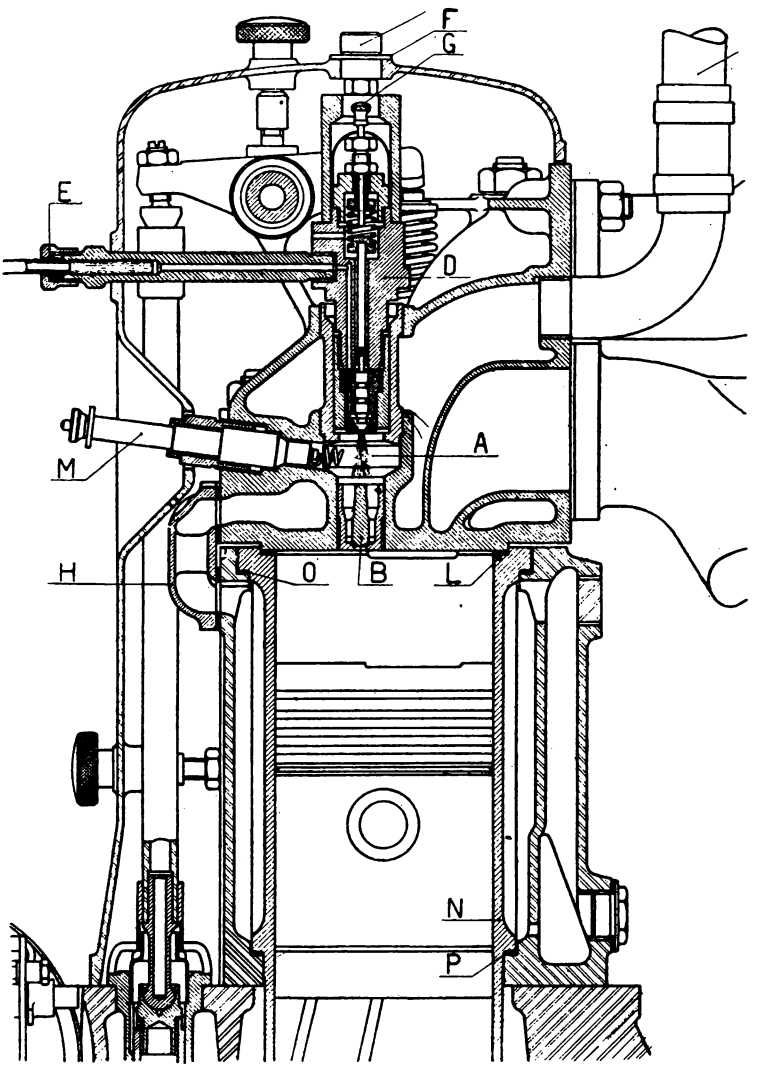


Fig. 78. — Coupe du moteur Unic.

dans la chemise. Si on ne laisse pas ce jeu, on risque, par suite de l'écrasement du joint lors du serrage, de casser la collerette de la chemise.

Ne pas mélanger les demi-clavettes qui sont rodées sur le cône de la tige de soupape et dans la cuvette. Il faut toujours remonter chaque soupape avec sa cuvette et ses demi-clavettes.

Avant de centrer et de bloquer les culasses, on approche les collecteurs, pour obtenir une position correcte.

La chambre de précombustion est emmanchée à la presse et entourée d'eau. Dans cette chambre est vissé le brûleur B, en acier spécial. En cas de fonctionnement prolongé avec une injection mal réglée, les « entretrous » du brûleur grillent; le moteur fait entendre des chocs sourds comme si une bielle était coulée. Il est donc facile de repérer le cylindre en question, en auscultant l'un après l'autre les tubes d'injection. On démonte l'injecteur, et on dévisse le brûleur à l'aide d'une clé spéciale pour le sortir par le haut. Si on bute contre le joint en cuivre placé sous l'injecteur, on redescend le brûleur et on le dévisse à nouveau.

Le démontage de la culasse ne présente pas de particularité, mais au remontage il faut observer les précautions ci-après :

1° Monter le joint de culasse à sec, sans l'enduire d'aucun produit, même pas d'huile. Le joint est maintenu en place par trois petites vis.

2° Il est indispensable, après avoir serré légèrement quelques écrous borgnes de fixation, de faire fonctionner toutes les soupapes pour vérifier si toutes jouent librement sans toucher les chemises. Au besoin on rectifiera la position de la culasse, avant le serrage définitif.

CHAPITRE VII

LA DISTRIBUTION

Nous nous occuperons ici exclusivement de l'examen des pièces au point de vue usure et de leur remise en état ou de leur remplacement. Les questions relatives au repérage (1) et au calage (2) sont traitées dans d'autres chapitres.

Pignons et chaîne. — Nous avons déjà dit que le jeu d'engrènement ne doit pas dépasser 15/100. Si l'on constate un jeu plus grand, il faut changer les pignons, ou au moins le pignon intermédiaire, ce qui suffit quelquefois à supprimer ou à réduire sensiblement le jeu et le bruit.

Il faut tenir compte, lorsqu'on remonte la distribution, de ce que l'entr'axe entre le vilebrequin et l'arbre à cames a pu varier par suite de la réfection de la ligne d'arbre. S'il a diminué, les pignons forceront. S'il a augmenté, on risque de voir le jeu subsister même avec des pignons neufs. (Voir fig. 66, page 86.) Aussi certains constructeurs fournissent-ils des pignons de rechange en différentes cotes, ce qui permet au mécanicien de choisir la cote correcte. Si les arêtes des dents des pignons neufs sont un peu vives, on les adoucit avec une lime douce. Tous les pignons doivent se placer rigoureusement dans le même plan; il faut éviter le moindre décalage axial. Pour assurer un alignement parfait, on utilise des cales d'épaisseur. Si l'on n'obtient pas avec celles-ci le résultat voulu, on vérifie la position axiale de l'arbre à cames, sur les poussoirs. La ligne médiane de la came doit coïncider avec celle du poussoir. (Fig. 79.)

Les pignons de distribution sont presque toujours en fonte,

(1) Voir chapitre II, page 21.
(2) Voir chapitre XII.

mais on monte aussi des pignons en fibre (Céloron, etc.) qui conviennent parfaitement et ont l'avantage d'être plus silencieux. Ils peuvent donc fonctionner avec un peu plus de jeu que les pignons métalliques. Par contre, ils sont plus sensibles au montage serré; s'ils forcent, les dents se détériorent rapidement. Nous recommandons vivement au mécanicien de ne monter que des pignons en fibre de marque réputée, faute de quoi il risque de sérieux déboires.

En cas d'usure d'un pignon monté à force sur l'arbre à cames, il vaut mieux remplacer l'arbre avec le pignon, par un échange standard, plutôt que d'essayer d'enlever l'ancien pignon et de monter un neuf à la place.

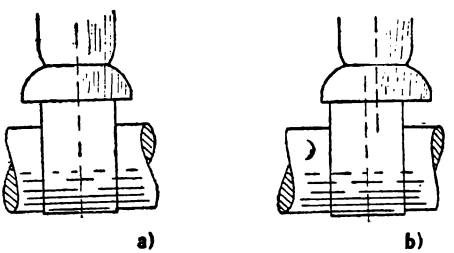


Fig. 79. — Passage de la came sur le poussoir : a) bon; b) mauvais.

L'usure des organes de distribution est due souvent à un manque de graissage. Il est utile, par conséquent, de vérifier soigneusement ce point. L'arrivée d'huile peut se faire soit par une dérivation prise sur la canalisation qui va à l'arbre de cames, soit par un passage radial percé dans le pignon du vilebrequin et alimenté par le palier avant, soit encore par une dérivation venant du palier avant ou du clapet de décharge par exemple.

En ce qui concerne la chaîne de distribution, le jeu de celle-ci ne doit pas dépasser 5 mm pour 10 cm de longueur. Pour mesurer ce jeu, posez la chaîne à plat sur un marbre. Tenez la par un bout et allongez au maximum une partie de la chaîne, mesurez 20 cm à partir de l'extrémité et posez à cet endroit un tas sur la chaîne pour l'immobiliser (fig. 80). Poussez l'extrémité libre pour raccourcir la chaîne, et mesurer la distance entre le tas à l'extrémité. Si l'écart est supérieur à 10 mm, la chaîne est à remplacer.

Le tendeur ne rattrape le jeu que dans une certaine mesure et sert surtout à empêcher le flottement du brin mené, mais il n'atténue nullement l'allongement du brin menant — dû au jeu de la chaîne — ni par conséquent le retard des pignons menés (arbre à cames et arbre de pompe) par rapport au pignon menant, c'est-à-dire le pignon de vilebrequin. Nous verrons plus loin l'effet de ce décalage sur la distribution et l'alimentation du moteur.

Le dispositif tendeur est constitué par un pignon fou monté sur un arbre ou une bague excentrés, l'excentrage étant obtenu

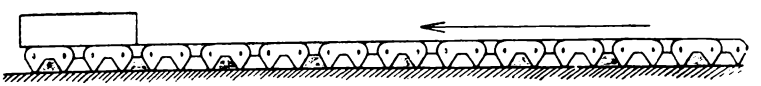


Fig. 80. — Vérification de la chaîne.

par un ressort en spirale. Plus la chaîne prend de jeu, plus le pignon est excentré par la tension du ressort. A titre d'exemple, nous indiquons ci-après la façon de procéder, sur moteur Rochet-Schneider, pour retirer et replacer la chaîne et monter le tendeur.

Pour démonter, on enlève la goupille fendue, la rondelle de retenue du ressort et le ressort même. Le tendeur tombe et la chaîne se détend. On enlève le tendeur et le pignon et on retire la chaîne.

Pour le montage, on place la chaîne sur les quatre pignons et on présente le pignon tendeur sur l'axe fixe du support de tendeur ; on engage le tendeur sur son axe en centrant le pignon à la main. On tend la chaîne légèrement et on monte le ressort dont on engage le brin central dans l'axe fixe, on tourne dans le sens inverse de la rotation normale du pignon, donc dans le sens des aiguilles d'une montre pour donner la tension définitive, et on engage le brin extérieur du ressort dans la fente du tendeur. On remonte la rondelle et on goupille. L'enroulement du ressort est à gauche.

En pratique l'excentrage est calculé pour correspondre au maximum d'allongement compatible avec un fonctionnement satisfaisant du moteur.

L'arbre à cames. — Il peut sembler à première vue que l'arbre à cames, traité, est un organe inusable. En réalité c'est

une pièce qui subit l'usure comme toutes celles qui sont en mouvement et qui ont des surfaces frottantes. Ce sont surtout les cames qui s'usent et qu'il faut vérifier. En raison du jeu des soupapes, l'attaque se fait en quelque sorte par choc et les flancs, principalement le flanc de levée, se creusent. On peut apercevoir ce creux facilement par un examen à la lumière, avec un morceau de métal droit placé sur le flanc de la came. On voit ainsi le « jour » entre les deux. On rectifie avec une lime en carborundum et on polit, pour finir, avec une bande d'émeri fine sur une lime plate. (Fig. 81.)

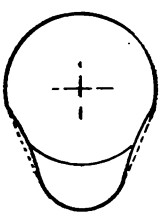


Fig. 81.
Usure des cames.

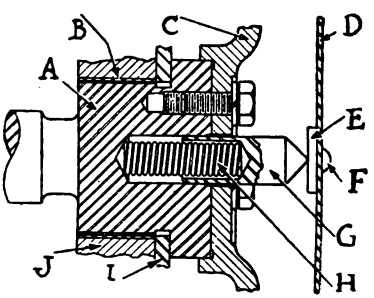


Fig. 82.
Butée axiale de l'arbre à cames par grain (G) et ressort (H).

Le cas échéant, on retouchera également le sommet, mais en prenant soin de ne pas le diminuer outre mesure, non seulement pour des raisons de hauteur de levée des soupapes, qui serait diminuée d'autant, mais aussi parce que la couche trempée est peu profonde. Il n'est pas inutile de mesurer la hauteur des cames, à l'aide d'un pied à coulisse, et de comparer avec la levée d'origine.

L'excentrique qui commande la pompe d'alimentation est souvent usé d'un côté seulement, ce qui est dû à une mauvaise position de la pompe, dont le levier sera lui aussi usé d'un seul côté. (Voir page 120). Si l'usure est faible, on peut la rattraper par rectification, en tenant compte de ce que nous avons dit

plus haut au sujet des cames : il ne faut pas diminuer outre mesure la course de la pompe.

Un arbre à cames faussé est à redresser à la presse. Après redressement, on peut le remonter dans ses anciennes bagues et vérifier le jeu des portées dans celles-ci, surtout dans les bagues intermédiaires. Les déformations du carter peuvent affecter les paliers de l'arbre à cames et déterminer un mésalignement de ceux-ci. Par conséquent, si on remplace les bagues, il y a intérêt à monter celles-ci dans leurs logements et à les aléser en ligne avec une barre d'alésage, de la même manière qu'on fait l'alésage en ligne des coussinets de vilebrequin et en prenant soin que les deux lignes soient parallèles. Faute de quoi, les pignons de distribution coinceront.

Si l'arbre tourne dans des bagues de bronze, celles-ci sont percées d'un trou d'entrée d'huile, qu'il faut faire coïncider exactement avec l'orifice du perçage dans le groupe. Quant aux rainures de graissage dont les bagues peuvent être pourvues, elles sont à creuser suivant le tracé d'origine.

On trouve aussi des arbres à cames tournant directement dans la fonte du groupe, la répartition de l'huile étant assurée par des rainures dans les portées de l'arbre.

La position axiale de l'arbre doit être réglée avec précision, pour plusieurs raisons :

a) alignement des pignons;
b) centrage des cames par rapport aux poussoirs;
c) engrènement de la vis de commande de la pompe à huile.

On se sert, pour ce réglage, de rondelles d'épaisseur ou d'une butée à ressort. (Voir figure 82.)

Les poussoirs. — La portée se creuse à la longue; on la rectifie de la même façon que les cames. La faible épaisseur de la couche trempée interdit la retouche en cas de trop forte usure.

Si les poussoirs comportent des galets, on peut remplacer le galet usé, après avoir chassé l'axe.

Les poussoirs de certains moteurs sont munis à leur partie supérieure d'une sorte de godet servant à recueillir l'huile qui

descend le long des tringles de culbuteurs. Cette huile passe à travers des trous percés dans le poussoir creux pour former une pellicule lubrifiante entre le poussoir et le guide. Ces trous sont à déboucher le cas échéant.

CHAPITRE VIII

LES CANALISATIONS

Quel que soit le mode d'alimentation de la pompe d'injection, il faut toujours veiller à ce que :

1° La différence de niveau entre la sortie du réservoir (principal ou auxiliaire, suivant le cas) et l'entrée de la pompe d'injection, soit au minimum de 30 cm. Ce même chiffre est à respecter quand il y a un filtre nourrice à la place du réservoir auxiliaire. (Fig. 83 *b*.)

Dans le cas où un filtre ordinaire est prévu entre le réservoir en charge et la pompe d'injection, il y a lieu de placer ce filtre

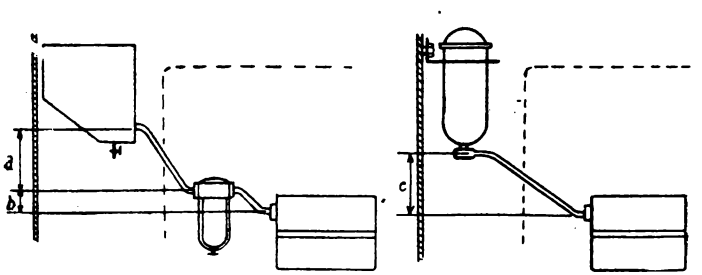


Fig. 83.

a) Alimentation par gravité. *b*) Alimentation par filtre.

aussi bas que possible par rapport à la sortie du réservoir, sans que l'orifice de sortie du filtre puisse toutefois être plus bas que l'arrivée à la pompe. Il pourra même se trouver quelques centimètres au-dessus. (Fig. 83 *a*.)

2° Que les coudes n'aient pas moins de 5 cm. de rayon. Tout changement de direction augmente la résistance à l'écoulement dans une proportion d'autant plus grande que l'angle et le rayon

du coude sont plus faibles. On pourrait objecter que certains moteurs ont les tubes d'injection coudés à angle vif. Mais il ne faut pas perdre de vue que le refoulement dans ces tubes a lieu sous une pression d'au moins 70 kgs, alors que la pression dans la canalisation qui va du réservoir principal à la pompe d'injection est parfois de l'ordre de moins de 1 kg. C'est pour cette même raison qu'il faut laisser entre le réservoir auxiliaire et le dernier filtre une différence de niveau de 25 à 30 cm.

3° Que le tube qui va du réservoir principal à la pompe d'alimentation ait une faible inclinaison vers le réservoir; toute inclinaison vers la pompe est à éviter, ceci afin de protéger la pompe autant que possible contre les impuretés, bien qu'il y ait généralement un filtre en amont de la pompe.

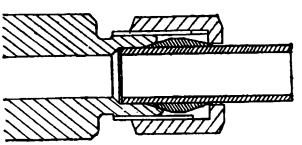


Fig. 84.
Raccord bicône.

4° Que la fixation de la tubulure au châssis ne laisse absolument rien à désirer. Il ne faut pas trop espacer les attaches ou colliers de fixation afin d'éviter les vibrations du tube. On veillera également à ce que la tubulure ne puisse pas frotter contre le longeron. Quant aux passages à travers celui-ci, on isolera le tube avec une bague en caoutchouc qui empêchera le contact métal contre métal.

Les tubes de cuivre qu'on emploie pour les canalisations basse pression et qui ont un diamètre de 8×10 ou de 12×14 mm., peuvent être cintrés à froid. Pour les raccords on emploie des bicones types BNA. Bien que par leur principe ces raccords assurent l'étanchéité par « rétreint » du bicone sur le tube, il n'est pas inutile de souder le bicone pour se garantir de façon absolue des fuites. (Fig. 84.)

Refoulement des cônes des tubes d'injection. — Les tubes haute pression qui vont aux injecteurs sont en acier sans soudure, de 6 × 1,5, 6 × 2 ou 7 × 3 mm. Leur cintrage

doit se faire à froid. Si on chauffe les tubes, il faut les nettoyer soigneusement par rinçage et soufflage d'air comprimé, pour évacuer les paillettes (le « feu ») de métal. Ces tubes n'ont pas de raccords rapportés et soudés; les cônes sont obtenus par refoulement, travail qui peut être effectué sans difficulté à l'aide d'un outil approprié. (Fig. 85.) Le mode opératoire est le suivant : On place le tube dans la coquille C, constituée par deux demi-coquilles que deux joncs maintiennent assemblées. Le bout du tube doit déborder de la rondelle d'espa-

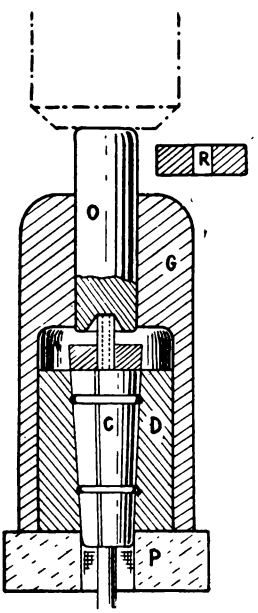


Fig. 85.
Outil à refouler les cônes.

C. Coquille.
D. Douille.
G. Cloche.
P. Plateau.
R. Rondelle.

cement R, placée au-dessus de la coquille, d'une longueur correspondant à la quantité de métal à refouler. On engage la coquille dans la douille D, et on la coïnce par pression ou choc sur la rondelle R. Le tube est ainsi fortement serré dans la coquille et ne peut pas bouger. Sur la douille D on engage la cloche de guidage G, le tout reposant sur le plateau P percé au milieu. Dans la cloche de guidage, on introduit l'outil à refouler O et on refoule à la presse. Il est indispensable, si l'on veut obtenir

un cône parfait et une portée régulière, que l'extrémité du tube soit coupé rigoureusement droit. L'opération terminée, on enlève les bavures.

La longueur à refouler est d'environ 4 mm., de sorte qu'il faut couper le tube environ 8 mm. plus long que sa longueur définitive.

Après refoulement du premier cône, on engage sur le tube le joint et l'écrou de ce cône, ainsi que l'écrou et le joint du deuxième cône qui est à refouler. (Fig. 86.) Les joints sont en cuivre et si l'on réutilise des joints qui ont déjà servi, il faut les recuire. Après refoulement des cônes, on peut cintrer les tubes. On emploie généralement des joints en acier.

Défauts des canalisations. — Le moindre défaut occasionne des irrégularités de fonctionnement, soit par arrivée insuffisante, soit par entrée d'air. On a pu mesurer qu'avec un

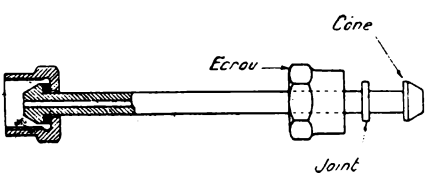


Fig. 86. — Aube et raccord d'injection.

trou de 0,5 mm de diamètre seulement dans la tubulure d'aspiration, la pompe ne débite pas avant 500 t. m. soit 1.000 t. m. du moteur. Or, aucun démarreur ne fait tourner le moteur à cette vitesse. A 1.200 t. m., le débit est de 20 % du débit normal.

Le défaut le plus fréquent semble être le manque d'étanchéité provenant soit d'une fissure dans le tube, soit d'une porosité du métal, soit enfin de l'usure par frottement, en cas de mauvaise fixation. Souvent aussi, la fuite (ou l'entrée d'air) se produit dans le raccord. La cause peut être un manque de serrage, un serrage défectueux par suite de l'usure des cônes, un joint en mauvais état, un cône mal soudé ou dessoudé.

Pour se rendre compte de l'étanchéité d'un raccord, il suffit de l'enduire d'huile. En cas de fuite, l'huile est aspirée dans

le tube. (Nous parlons, bien entendu, de la canalisation d'aspiration). On peut procéder de la même façon pour vérifier le tube tout entier, sauf le plongeur dans le réservoir.

Afin de voir si celui-ci a une prise d'air, on procède de la façon suivante : On raccorde la pompe d'alimentation a un tube souple qui plonge dans le réservoir par l'orifice de remplissage. On fait fonctionner la pompe qui doit débiter normalement. On raccorde ensuite ce tube, par un moyen approprié et

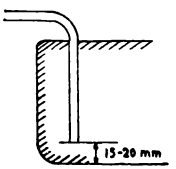


Fig. 87. — Distance entre tube plongeur et fond du réservoir.

étanche, au tube plongeur. Si la pompe ne s'amorce pas, le plongeur a une prise d'air au-dessus du niveau du combustible et il faut le changer.

L'extrémité du tube plongeur doit se trouver à environ 15-20 mm de distance du fond du réservoir (fig. 87). En effet, si le tube descend plus bas, on risque l'aspiration des impuretés qui s'amassent au fond du réservoir. Il est donc vivement déconseillé de prolonger le plongeur par un petit tube de caoutchouc par exemple. Le résultat serait non seulement l'introduction des impuretés dans les canalisations, mais le caoutchouc, en se ramollissant, finirait par agir comme un clapet et, à chaque aspiration de la pompe, il fermerait l'orifice du tube.

La manière la plus simple pour vérifier et nettoyer les tubes, consiste à les démonter, qu'il s'agisse des tubes d'aspiration ou des tubes de refoulement. Obturer un côté par une pastille de tôle soudée à l'étain. Raccorder l'autre extrémité à une pompe à air, pomper à une pression de 1,5 à 2 kgs et plonger le tube dans une cuve d'eau. C'est au fond le même procédé que pour l'examen d'un radiateur. Les fuites seront révélées aussitôt par des bulles d'air. Au moindre défaut, il faut changer le tube. C'est plus prudent et généralement moins cher aussi qu'une réparation.

Ne jamais monter des tubes d'alimentation de moins de 8 mm

de diamètre intérieur pour éviter les vitesses d'écoulement trop grandes (1).

Souvent les tubes en cuivre présentent des étranglements de passage, soit par accumulation d'impuretés à l'intérieur, soit par écrasement du tube. Les obstructions ne sont pas toujours facile à déceler, même par soufflage. Il arrive que l'obstruction soit insuffisante pour gêner l'alimentation à basse et moyenne allure, mais qu'elle empêche un débit suffisant pour la pleine charge. Le seul moyen efficace est de passer un jonc. Un morceau de bois par exemple peut se coïncer dans le coude à la sortie du tube d'aspiration du réservoir. Le soufflage ne révèle aucune anomalie, et pourtant l'alimentation, bonne à faible et moyenne allure, est irrégulière à plein régime. C'est seulement en passant le jonc à travers le tube que l'on peut se rendre compte de la présence de ce corps étranger.

Si le tube est écrasé, on peut essayer de rétablir sa section normale par un léger martelage, après chauffage et à condition qu'il s'agisse d'une partie droite du tube et que la portion écrasée ne présente pas de fissure. De toute manière, le tube est à essayer après réfection.

Quant aux plis qui peuvent se produire dans un coude, il n'y a qu'un moyen de les supprimer : chauffer le tube, le redresser et essayer de l'arrondir convenablement, au besoin en s'aidant d'une tige d'acier rond d'environ 7 mm de diamètre qui servira de mandrin. (Arrondir l'extrémité de la tige). S'il n'y a pas de fissure au pli, on pourra recintrer le tube, en donnant au coude un rayon suffisant.

---

(1) Prenons un moteur de 80 CV consommant 210 gr./CVH. de gasoil d'une densité de 0,880. Il exigera : $\frac{80 \times 210}{0{,}88 \times 3600} = 5{,}3$ cm³ par seconde.

Ceux-ci auront une vitesse d'écoulement de

$$\frac{5{,}3}{4 \times 4 \times 3{,}14} = 10{,}6 \text{ cm/sec. dans un tube de 8 mm.}$$

et de $\frac{5{,}3}{3 \times 3 \times 3{,}14} = 18{,}7$ cm/sec. dans un tube de 6 mm.

Un moyen de réduire la vitesse d'écoulement consiste à couper l'extrémité du tube plongeur obliquement.

CHAPITRE IX

LA POMPE D'ALIMENTATION

Autant que possible, il faut essayer la pompe d'alimentation dans les conditions normales de fonctionnement, c'est-à-dire les mêmes que quand elle est montée sur le moteur. Cet essai exige un montage approprié qu'on peut établir à peu de frais. Comme le montre la figure 88, il comprend essentiellement un socle S à deux bras, sur lequel tourne, dans deux roulements à billes, un arbre A muni de plusieurs excentriques de course différente. Sur le socle mortaisé du support peut coulisser une pièce P coudé à angle droit, à laquelle on fixe la pompe à essayer, la pièce P étant elle-même bloquée solidement sur le socle. Elle comporte une rainure dans sa partie horizontale pour permettre le réglage suivant la course de la pompe et deux rainures dans la partie verticale pour la fixation de la pompe. L'arbre à excentrique porte en bout une poulie étagée ou extensible permettant plusieurs vitesses, une autre poulie étant montée en bout de l'arbre d'un petit moteur électrique, d'une perceuse ou d'une meuleuse, par exemple. La course des excentriques pourra aller de 5 à 10 mm, par millimètre. Ce montage sert surtout pour les pompes à membranes, les pompes à piston étant généralement fixées au carter de la pompe d'injection et pouvant être essayées en même temps que celles-ci.

Vérification du débit. — A l'orifice d'entrée de la pompe on raccorde un tube plongeant dans un récipient de gasoil, l'orifice de sortie étant raccordé à un autre tube plongeant dans une éprouvette graduée.

On fait tourner l'appareil à la vitesse voulue, en tenant

compte de ce que la pompe fonctionne à demi vitesse du vilebrequin. Arrêter après cinq minutes par exemple, et calculer le débit réel. Celui-ci doit dépasser la quantité nécessaire à l'alimentation du moteur d'au moins 500 cm³ par minute. Le débit

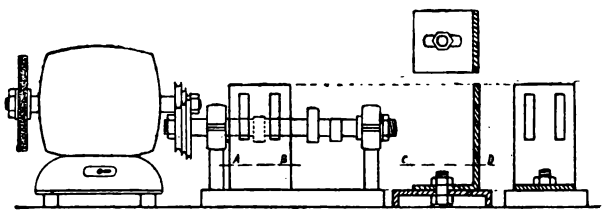


Fig. 88. — Montage pour vérifier la pompe d'alimentation. C-D coupe du support suivant A-B.

est fonction de la surface utile de la membrane et de sa course, ou de la course du piston. Le tableau ci-après donne, à titre documentaire, quelques chiffres relevés avec différents types de pompes :

VITESSE DE LA POMPE EN T. M.	DÉBIT DE LA POMPE EN L. HEURE		
	A	B	C
100	28 (2.)	9.3 (2.3)	56 (2.)
300	130 (5.4)	34 (6.8)	65 (5.4)
500		71 (11.8)	90 (9.6)
700	215 (13.9)	100 (16.6)	125 (13.9)
1.000	230 (22.)	102 (22.)	124 (22.)
1.200	210 (8,1)	92 (27.)	123 (28.)

A : pompe à piston, course 10 mm.;
B : pompe à piston avec soupape compensatrice, course 5 mm.;
C : pompe à membrane, course 5 mm.
Les chiffres entre ( ) indiquent la quantité de combustible en L par heure injectée par la pompe d'injection.

On voit d[illegible]près ce tableau que la capacité de la pompe atteint au minimum 3,5 fois le débit de la pompe d'injection.

Les débits relevés sont ceux obtenus avec la pompe fonctionnant à pleine course de membrane ou de piston, alors qu'en fait la course utile diminue quand la pression à la sortie de la pompe atteint la tension du ressort antagoniste.

La pompe d'alimentation refoule soit dans un réservoir auxiliaire, soit dans un filtre en charge sur la pompe d'injection. Dans le premier cas, le débit en excès retourne par un tube de trop plein du réservoir auxiliaire au réservoir principal. Dans la seconde disposition, le filtre comporte un by-pass pour le retour ou une soupape de décharge, qui doit être réglée pour une pression d'écoulement d'environ 400 gr. (Fig. 89.)

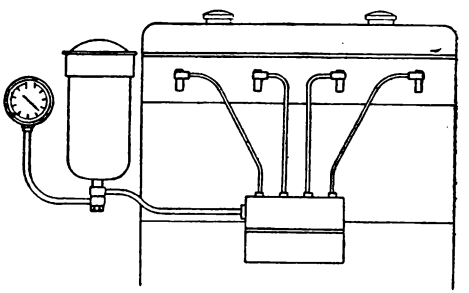


Fig. 89. — Contrôlé de la pression à la sortie dc filtre.

Si l'on dispose d'un banc d'essai de pompe d'injection, on peut facilement vérifier tout le système d'alimentation dans les conditions de fonctionnement sur le moteur. On fait refouler la pompe dans le filtre, celui-ci alimentant la pompe d'injection. Avec un manomètre de précision, on règle la soupape de décharge pour la pression indiquée plus haut.

On peut également calculer si la « marge de sécurité » (c'est-à-dire l'excès de débit de la pompe d'alimentation) est suffisante, sans employer la pompe d'injection. Il suffit pour cela de mesurer le débit au régime correspondant à la puissance normale du moteur, dont on calcule la consommation à l'aide de la formule suivante :

$$\frac{P \times C}{d \times 60}$$ dans laquelle

P est la puissance en CV,

C la consommation en gr. CV. H.

d la densité du combustible.

Prenons un moteur donnant 90 CV à 2.000 t. m., avec une

consommation de 205 gr. CV. H. de gasoil à d = 0.870. Nous aurons :

$$\frac{90 \times 205}{0.870 \times 60} = 353{,}5 \text{ cm}^3$$

Si notre pompe a une capacité ou plutôt un débit de 124 L. heure, soit 2.065 cmc. par minute, la marge est largement suffisante.

Vérification de la pression. — La pression est moins utile à connaître que le débit. Elle est maximum quand le débit est

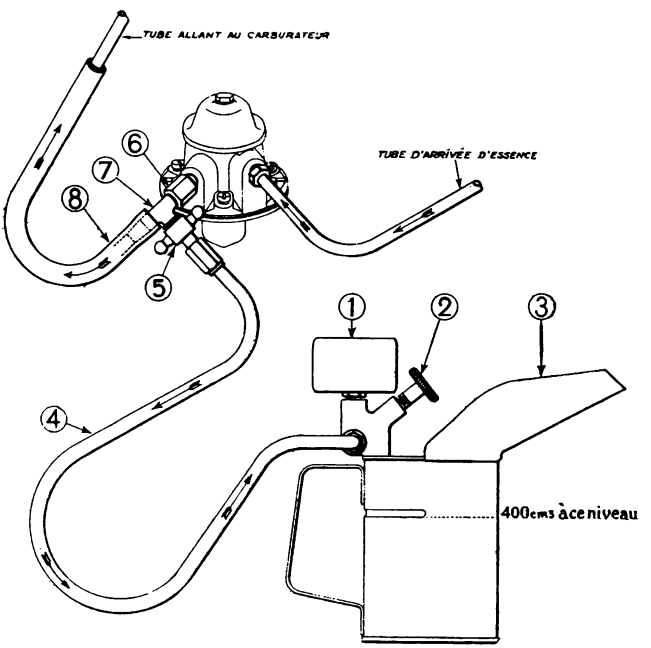


Fig. 90. — Vérification du débit sur moteur (AC).

nul. A l'orifice de sortie on branche un manomètre et on actionne la pompe. Le chiffre normal est d'environ 1,5 kg pour les pompes à piston et de 250-400 gr. pour les pompes à membrane. Les fabricants de pompe fournissent le matériel nécessaire à la vérification des pompes. (Voir fig. 90.)

Essai sur étau. — Si l'on ne dispose d'aucun appareil approprié, on peut néanmoins vérifier la pompe d'une façon approximative, en la serrant dans l'étau, et en branchant, à l'entrée, une tubulure munie d'une partie en verre; l'autre tube est branché à la sortie; les deux plongent dans un récipient de gasoil, placé environ 50 cm plus bas que la pompe. Actionner lentement le levier jusqu'à ce qu'on voit monter le gasoil dans le tube de verre.

Arrêter le pompage; le gasoil ne doit pas ou très lentement descendre dans le tube. On admet 1 cm par seconde, sans que le fonctionnement de la pompe soit affecté. Si le gasoil ne redescend pas, la pompe est étanche, et on peut être certain de son bon fonctionnement, à moins qu'elle ne soit bouchée partiellement, ce que l'essai au tube de verre ne révèle pas. Or, toute obstruction diminue le débit.

Si le gasoil redescend, il y a soit un manque d'étanchéité aux clapets, soit un serrage insuffisant de la cuve, soit une détérioration de la membrane.

De toute façon, les troubles de fonctionnement se traduisent par un débit insuffisant ou une pression de refoulement exagérée ou trop faible. Examinons les causes de ces troubles et la manière d'y remédier.

Pression de refoulement trop forte. — Elle est due généralement à une course exagérée de la membrane.

Pression normale, mais débit insuffisant. — Course insuffisante, clapets non-étanches, tamis de filtre obstrué. (Nous supposons la canalisation en bon état.)

Démontage de la pompe. — Avant de dégrouper une pompe à membrane, il faut repérer la position relative du corps et du couvercle. Ces pompes se séparent en effet en deux parties, l'une avec la membrane, le ressort de membrane et le ou les leviers avec les ressorts de rappel; l'autre avec les clapets et le cas échéant un filtre. Le repérage peut se faire à l'aide d'un trait de lime mordant sur les deux parties. Dans certaines pompes, le fabricant a rendu les clapets peu accessibles, pour éviter les démontages intempestifs de ces organes par le conducteur, et qui sont la plupart du temps parfaitement inutiles. La membrane

est généralement fixée sur son axe entre deux coupelles métalliques serrées par écrou et contre-écrou ou par écrou soudé. La soudure a pour but d'assurer une étanchéité parfaite. Il existe aussi des pompes avec membrane rivée sur l'axe. Il faut alors changer l'ensemble.

Toutes les pièces sont à examiner très soigneusement, et notamment les clapets qui ont généralement les deux faces identiques. Quelquefois les pastilles ont un épaulement; il faut alors les placer correctement.

Clapets défectueux. — L'usure des clapets est pratiquement nulle dans des conditions normales. C'est surtout l'entrée d'impuretés qui compromet leur bon fonctionnement et en provoque le coincement.

Le ressort peut s'affaiser ou se casser. Aussi ne faut-il pas hésiter à remplacer ces pièces si elles présentent la moindre défectuosité. Les clapets gommés sont à nettoyer dans du gasoil, et à roder sur le siège le cas échéant. Vérifier également si le siège ne joue pas dans le couvercle, et remplacer au besoin celui-ci.

Ne monter que des ressorts d'origine, car un tarage incorrect des ressorts de clapets entraîne des variations de débit. C'est également un mauvaise pratique d'étirer les ressorts sous prétexte d'augmenter leur tension. Si l'on craint un affaiblissement des ressorts, ils est plus sage de les remplacer.

Vérifier en outre tous les autres ressorts. Lors des réparations on néglige généralement ces petites pièces, bien que le coût de leur remplacement augmenterait peu le prix de la réparation. En ce qui concerne le ressort commandant la membrane ou le piston (dans les pompes à piston), il convient de souligner qu'il est judicieusement taré. C'est de ce tarage que dépend, en effet, la pression.

Usure de la membrane. — De petites perforations de la membrane influent peu sur le débit de la pompe. Elles occasionnent la perte d'une certaine quantité de combustibles qui s'écoule suivant le cas vers l'extérieur (certaines pompes comportent à cet effet un petit trou d'évacuation des fuites) où dans le carter du moteur où le gasoil diluera l'huile de graissage. On peut

considérer comme limite une goutte toutes les quatre secondes; au-dessus de cette limite, il faut remplacer la membrane. On

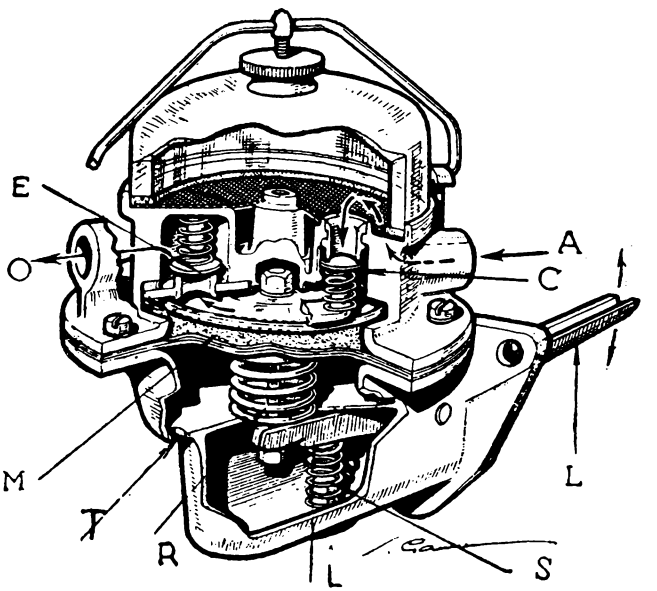


Fig. 91. — Pompe à membrane (SEV).

A. Entrée.
C. Clapet.
O. Sortie.
E. Clapet.
L. Levier.
M. Membrane.
R. Ressort de membrane.
S. Ressort de levier.
T. Trou d'évacuation.

sait que celle-ci est formée de plusieurs feuilles de tissus dont les trames doivent se croiser.

Usure du piston. — Cette usure, bien qu'elle se maintienne dans des limites relativement faibles, n'est pas sans effet sur le débit de la pompe. En certains cas, une usure de 5/100 mm suffit pour rendre l'amorçage de la pompe impossible. Avec 3/100e, l'amorçage ne se fait qu'à 700 t. m., soit 1.400 t. m. du moteur. Si l'usure atteint un certain degré, il faut se garder de faire tourner le moteur longtemps au ralenti. Il pourra pendant un certain temps s'alimenter avec la réserve contenue dans le filtre ou le réservoir auxiliaire, mais cette réserve s'épuisera du fait que la pompe ne refoule plus et le moteur finira par s'ar-

rêter. Il sera difficile à faire repartir. L'usure n'a d'autre cause qu'un filtrage insuffisant du gasoil.

Réglage de la course. — C'est le point le plus important. Il convient de distinguer ici entre les pompes à piston et les pompes à membrane. Les premières conviennent mieux, dans l'ensemble, que les secondes; mais elles sont plus chères. Elles sont fixées au carter de la pompe d'injection et commandées

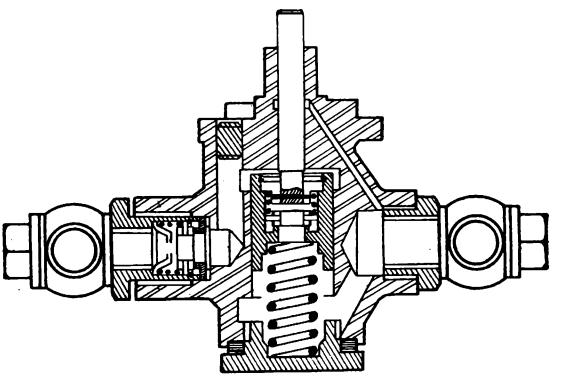


Fig. 92. — Pompe à piston (PM).

par l'arbre à cames de celle-ci dont elles font en quelque sorte partie intégrante. Sauf en cas de montage d'un joint par trop épais entre les deux pompes, la question de la variation de la course ne se pose pas ici. Il suffit donc de monter un joint d'épaisseur convenable.

Le débit de la pompe étant fonction de la course, la diminution de celle-ci le réduit proportionnellement. En ramenant la course de la pompe par exemple de 10 à 8 mm, on peut enregistrer une diminution de débit de 18 %. Une réduction de la course de 4 mm, soit de 40 % de la course totale, se traduit par une diminution équivalente, soit 40 % du débit. Avec une course de moins de 4 mm, la pompe en question ne débite plus. Ces chiffres sont valables pour les pompes à piston simple. Dans les pompes à membrane le débit ne diminue pas proportionnellement à la course, mais dans une proportion plus grande. Les pompes à pistons concentriques sont moins sensibles à la diminution de la course.

Il suffit donc de monter par exemple à la place d'une pompe à piston de 10 mm de course, une pompe à membrane de 5 mm de course, avec un joint trop épais, ou un levier faussé, pour que la pompe ne débite plus.

Quant à la pompe à membrane, il importe que la course de la membrane corresponde à la course de l'excentrique. Pendant la course entière, la membrane doit se déplacer de moitié de chaque

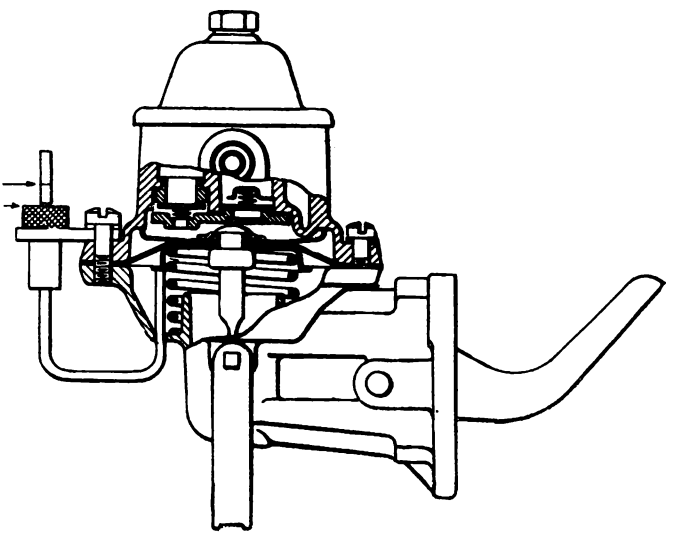


Fig. 93. — Réglage de la oourse (AC).

côté de sa position médiane, ceci afin d'éviter toute tension anormale des tissus. La course peut être contrôlée à l'aide d'une jauge. (Fig. 93.) Vérifier également si le levier est coudé correctement. Cette vérification peut être faite sur l'appareil décrit au début de ce chapitre. On mesure d'abord la distance entre l'excentrique de l'arbre à cames et le plan de joint de fixation de la pompe. Il est même indiqué de prendre la course de l'excentrique en prenant les positions maximum et minimum. Monter la pompe sur l'appareil, de façon qu'elle y occupe, par rapport à l'excentrique, la même position que sur le moteur. La membrane étant en place et maintenue à l'aide de vis, avec interposition de rondelles (le couvercle n'étant pas monté) on tourne

lentement l'arbre excentrique, en mesurant la course totale de la membrane, et en vérifiant si cette course se répartit par moitié de part et d'autre du plan normal, ce qui est facile à contrôler à l'aide d'un trusquin par exemple. On peut monter la pompe sur le moteur avec une légère tension initiale, de l'ordre de 1 mm, pour être sûr que la membrane fera toute sa course.

Un autre point auquel il convient de faire attention, est la position de la pompe par rapport à l'excentrique dans le sens axial. Le levier peut être décalé par rapport à la ligne médiane de l'excentrique et ne porte que d'un côté, sur une faible largeur. Il se produit en pareil cas une rapide usure qu'il faut éviter.

Enfin, chaque fois qu'on remonte une pompe, tous les joints sont à changer, aussi bien les joints en fibre des raccords que le joint en liège du filtre quand il y en a un.

CHAPITRE X

L'INJECTEUR

L'injecteur, qu'on peut à juste titre considérer comme une des pièces capitales du moteur à huile lourde, est un appareil simple et robuste qui ne demande d'autres soins qu'une vérification tous les 10 à 15.000 kilomètres environ.

Rappelons que l'injecteur, dont nous avons fait la description dans un autre ouvrage (1), a pour rôle de pulvériser le combustible aussi finement que possible. Il faut que le gasoil soit entièrement vaporisé pour brûler rapidement et complètement; la vaporisation sera d'autant plus facile et plus rapide que les gouttelettes produites par la pulvérisation seront plus petites. La pulvérisation est elle-même fonction de la pression d'injection et de la vitesse de projection du liquide à travers les orifices de la buse.

La pression d'injection dépend du réglage de l'injecteur; la vitesse dépend du régime du moteur, c'est-à-dire de la vitesse de rotation de la came qui commande le piston de pompe.

Défauts et pannes d'injecteurs. — Avant de nous occuper de la vérification des injecteurs, nous allons rapidement passer en revue les défauts que cet appareil peut présenter et les pannes qu'il peut occasionner.

Ressort cassé ou affaibli : la pression est insuffisante, l'injecteur goutte ou « bave » avant que la pulvérisation ne commence. Celle-ci est défectueuse.

Aiguille coincée ou grippée : mêmes conséquences que dans le

(1) Voir *Guide Professionnel du moteur à huile lourde* (Et. Chiron, Paris).

cas précédent, à moins que l'aiguille ne soit coincée fermée, ce qui se traduit par une pression exagérée ou une absence totale de pulvérisation.

Orifices de pulvérisation bouchés : Cette obstruction est rarement totale ; partielle, dans la plupart des cas, elle cause une déviation du jet qui peut toucher et endommager le filament du réchauffeur électrique.

Usure de l'aiguille : En ce cas l'alimentation devient insuffisante ; une grande partie du gasoil remonte dans l'espace annulaire entre buse et aiguille, d'où retours abondants et pulvérisation défectueuse.

Corps étranger entre aiguille et siège : L'injecteur bave et la buse risque d'être rapidement calaminée.

Siège rayé : Mêmes effets que dans le cas précédent.

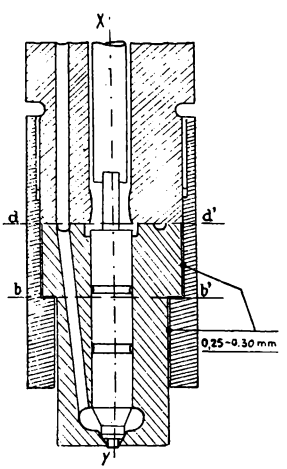


Fig. 94.
Portage de l'écrou de fixation de la buse : plan a a' et b b' parallèles.

Tige-poussoir faussée : Une déformation importante peut empêcher la tige de repousser l'aiguille sur son siège. Les conséquences sont les mêmes que si le siège est rayé, l'aiguille coincée ouverte ou la tension du ressort insuffisante.

Portée de l'aiguille contre la tige-poussoir faussée : Mêmes conséquences que dans le cas précédent.

Portée de l'écrou de fixation défectueuse : Si l'épaulement de l'écrou sur lequel repose l'injecteur n'est pas rigoureuse-

ment perpendiculaire à l'axe de l'écrou, ou bien s'il y a des corps étrangers ou des bavures, l'injecteur prend une position oblique et coince. Il en est de même si les deux plans a-a' et b-b' de l'injecteur ne sont pas parallèles et perpendiculaires à l'axe de l'injecteur. (Voir figure 94.) Les effets de ce coincement ont été exposés plus haut.

Injecteur chauffé : Si l'injecteur chauffe exagérément, le ressort perd son élasticité en même temps que la buse et l'aiguille perdent leur résistance. Tout injecteur qui a bleui (couleur gorge de pigeon) est à remplacer sans hésitation.

Vérification de l'injecteur. — Plusieurs moyens s'offrent au mécanicien pour vérifier le fonctionnement et la pression des injecteurs.

a) A l'aide de la tige de contrôle. Beaucoup d'injecteurs, notamment les appareils P M et Lavalette sont munis d'une tige qui est en contact avec la tige-poussoir et permet ainsi de suivre les mouvements de l'aiguille. A chaque injection, on doit sentir un petit coup sec. Sur certains moteurs, le collecteur d'échappement comporte des regards qui permettent de voir si le cylindre « donne » normalement. S'il n'y a pas de flamme, l'injecteur ne pulvérise pas.

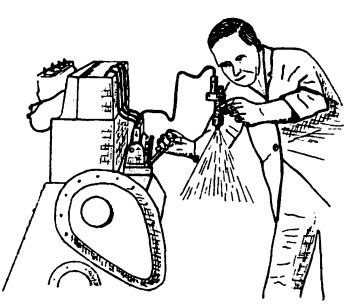


Fig. 95.
Vérification d'un injecteur à air libre.

Notons ici que le non-fonctionnement d'un injecteur est dû, dans de nombreux cas, à la présence d'air dans le tube de refoulement, et qu'il suffit de purger pour remettre tout en ordre.

b) Par examen du jet à l'air libre. On retire l'injecteur de la culasse, et on le remonte sur son tube de refoulement qu'on aura orienté pour pouvoir tenir l'injecteur à l'extérieur du

cylindre. (Fig. 95.) On actionne la pompe soit à l'aide du levier à main ou, si elle en est dépourvu, avec un tournevis, soit en faisant tourner le moteur au démarreur. (Ouvrir tous les décompresseurs.) Le jet, quel que soit le type d'injecteur, doit avoir une forme régulière. Le gasoil doit sortir en brouillard et non en aigrette. Le cône de ce brouillard, s'il s'agit d'un appareil à téton ou à trou unique, doit s'épanouir symétriquement à l'axe de l'injecteur. La moindre déviation ou dissymétrie indique une obstruction. Si l'injecteur est à plusieurs trous, la forme et la longueur du jet doivent être les mêmes pour chaque trou.

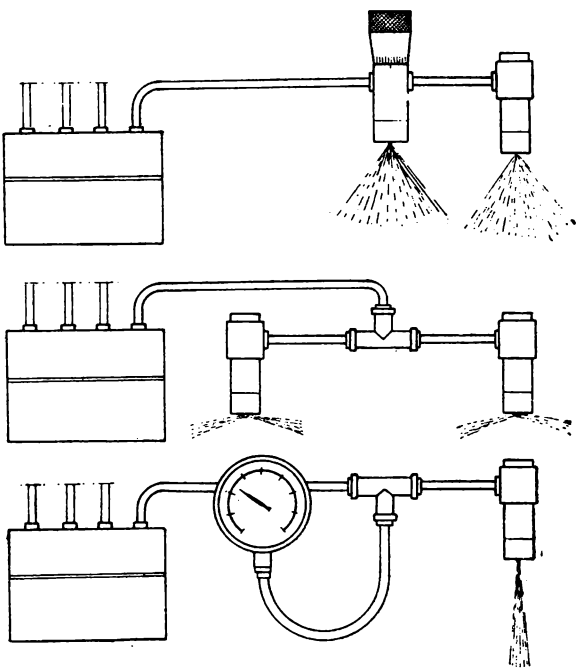


Fig. 96. — Contrôle d'un injecteur à l'aide d'un appareil étalon, à l'aide d'un injecteur étalonné et à l'aide d'un raccord T avec manomètre.

c) A l'aide de l'injecteur-étalon. Cet appareil, taré à l'usine à la pression d'injection normale, devrait faire partie de l'outillage de bord de tout véhicule alimenté à l'huile lourde. (Fig. 96.) On retire l'injecteur de la culasse, on retourne le tube de refoulement qu'on raccorde à l'étalon, celui-ci étant raccordé d'autre

part à l'injecteur qu'on doit vérifier. Quand on actionne la pompe, les deux appareils doivent débiter en même temps; si l'injecteur débite plus tôt, il est réglé pour une pression trop faible; s'il débite plus tard, il a trop de pression.

On peut également procéder par comparaison des différents injecteurs, lorsqu'on ne possède pas d'appareil-étalon. Sur le tube de refoulement, on branche un raccord trois pièces, qui est relié à deux injecteurs, dont un doit être réglé à la pression normale. Celui-ci restera branché, pour pouvoir comparer successivement les différents injecteurs du moteur.

Un autre moyen consiste à utiliser un raccord en T, muni d'un manomètre. (Fig. 96.) Mais avant de monter cet appareil, il faut vérifier si l'injecteur débite. S'il était bouché ou coincé, on risquerait de faire monter la pression à tel point que le manomètre pourrait être endommagé.

d) A l'aide d'une pompe de vérification. (Fig. 97.) Il s'agit ici d'un appareil d'atelier constitué par une pompe mono-cylindrique actionnée par un levier à main et qui refoule le liquide dans l'injecteur à vérifier. L'appareil comporte en outre un manomètre, et souvent une vis de purge et de décharge. Le manomètre, gradué de 5 en 5 kgs jusqu'à 300 ou 400 kgs, peut être isolé, pour éviter sa détérioration lors de l'examen d'un injecteur bouché ou coincé. Le gasoil servant pour les essais doit être absolument propre. Souvent le réservoir est muni d'un tamis filtrant; en ce cas, il est nécessaire de n'utiliser que du gasoil ayant déjà subi un filtrage efficace. Une autre solution, plus rationnelle à notre avis, consiste à monter entre le réservoir et la pompe un filtre du type employé sur les moteurs.

L'appareil peut être complété par un récupérateur vitre (analogue à un aquarium) dans lequel on fait débiter l'injecteur. Ce récupérateur est constitué par un cadre ou châssis en fer cornière, avec parois en verre, la paroi du fond pouvant être en verre opale comportant une graduation d'angles; le jet passant devant cette paroi, on pourra lire l'angle de diffusion. Assurer l'étanchéité avec de la litharge.

La vérification d'un injecteur comporte deux opérations bien distinctes.

1° Le contrôle du fonctionnement qui a pour but de voir si

l'appareil n'est pas bouché ou coincé, et si le jet a la forme voulue. Pour cet essai, le manomètre doit toujours être isolé.

2° La mesure de la pression. Cette mesure qui doit être effectuée périodiquement (à cause de l'affaiblissement progressif du ressort) se fait à l'aide du manomètre.

L'installation est fixée à demeure sur l'établi. Les vérifications sont à faire dans des conditions de propreté absolue. Après avoir

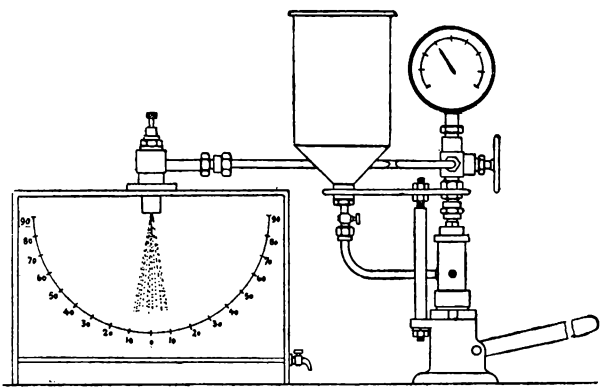


Fig. 97. — Pompe d'essai avec récupérateur d'huile vitré et gradué.

purgé l'air, on donne quelques petits coups de levier. Si l'injecteur pulvérise mal, on le démonte, on le nettoie, on le répare si possible où on le change.

Avant d'étudier en détail ces différentes opérations, nous dirons quelques mots à propos des pompes de vérification. Il existe sur le marché plusieurs modèles, tous basés sur le même principe. Or, ces appareils doivent être réalisés avec le même soin et la même précision que les pompes d'injection. C'est le cas de ceux qui sont fournis par les fabricants de ces pompes et qui offrent de ce fait toute garantie. Mais nous mettons le lecteur en garde contre l'acquisition d'un vérificateur de marque quelconque ou fourni par une firme qui n'est pas spécialisée dans des fabrications exigeant une précision de l'ordre du millième de millimètre. De tels appareils sont souvent offerts à des prix séduisants, mais qui ne compensent nullement leurs inconvénients.

Le client n'a aucun moyen de juger de la qualité de l'appareil.

Si ce dernier est de qualité médiocre, il semble néanmoins fonctionner convenablement, mais il fausse totalement les résultats de l'essai. Il suffit en effet d'augmenter de 2 ou 3 mm le diamètre du piston, pour qu'un plus grand volume de gasoil soit refoulé à chaque coup de levier, ce qui se traduit, pour un diamètre donné du tube de refoulement, par une vitesse plus grande du liquide, donc de sa projection, et la pulvérisation peut paraître normale, alors qu'elle se révèlerait défectueuse si l'essai était fait dans des conditions approchant celles du fonctionnement sur le moteur.

De même, on enregistrera des résultats erronnés, si le piston de l'appareil vérificateur a un jeu exagéré. On se trouve donc dans l'impossibilité de faire un réglage précis des injecteurs, d'autant plus que le manomètre peut, lui aussi, manquer à la fois de précision et de résistance.

Une méthode précise, puisqu'elle réalise la vérification par le fonctionnement de la pompe d'injection, est celle qui utilise le contrôleur à manomètre, intercalé entre la pompe et l'injecteur qu'il suffira de retirer de la culasse. On peut ainsi se rendre compte du comportement de l'injecteur aux différentes vitesses et charges du moteur. On sait que la pulvérisation d'une quantité déterminée de gasoil à pleine vitesse du moteur est meilleure que la pulvérisation d'une charge moindre à bas régime. Nous aurons l'occasion, plus loin, de revenir sur ce sujet.

Notons encore, que certains appareils de vérification comportent un tube rallonge flexible, solution qui ne nous séduit guère en raison de la grande élasticité des tubes souples et des pressions élevées mises en œuvre. (Voir également chapitre XV, page 223. Difficultés de mise en route et anomalies diverses.)

Pour vérifier un injecteur quant à l'étanchéité, on n'a pas besoin d'appareil. L'injecteur étant retiré du moteur, mais raccordé à son tube de refoulement, on donne quelques coups de pompe (soit avec le levier à main, soit avec un levier spécial ou un tournevis), pour purger. On appuie ensuite sur le levier avec une force à peine suffisante pour soulever l'aiguille. Si cette dernière n'est pas étanche le gasoil coulera. Tout injecteur fuit légèrement; mais il ne faut pas qu'il passe plus de deux gouttes par minutes.

Démontage de l'injecteur. — En principe, le retrait des injecteurs de la culasse se fait sans difficulté. Il peut arriver cependant, lorsqu'un injecteur n'a pas été retiré depuis longtemps qu'il faille recourir à un outil approprié que les constructeurs livrent généralement avec l'outillage de bord, et qu'on peut se fabriquer facilement du reste. Pour les injecteurs droits, on prend par exemple une barre plate percée d'un trou dans lequel

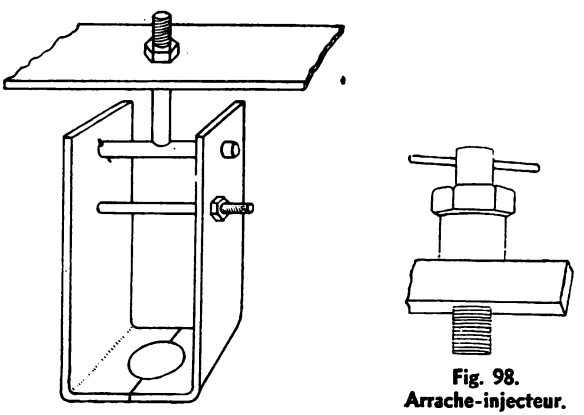


Fig. 98.
Arrache-injecteur.

s'engage une tige filetée dont on visse l'extrémité dans le raccord de l'injecteur. En vissant l'écrou sur la tige, au-dessus de la barre, on retire l'injecteur.

Pour les injecteurs avec raccord d'arrivée perpendiculaire, on peut utiliser un appareil comportant deux crochets coulissant dans une plaquette solidaire de la tige qui traverse la barre plate. Les crochets qui saisissent le corps porte-injecteurs, sont maintenus en position à l'aide d'une vis d'écartement. (Fig. 98.)

De toute manière, quand un injecteur est dur à retirer, il ne faut jamais donner de coup de marteau, ni même essayer de l'ébranler à coup de maillet, surtout s'il est monté dans une anti-chambre.

L'injecteur enlevé du moteur est serré dans l'étau, entre des mordaches en plomb ou en cuivre. Dévisser en haut le chapeau et les écrous ou vis de réglage, retirer le ressort et la tige-poussoir. (Nous parlons ici des injecteurs P. M. et Lavalette, pour les autres, se reporter à la planche fig. 99.) Du côté opposé,

dévisser l'écrou de fixation et enlever l'injecteur proprement dit; sortir l'aiguille en la saisissant avec des pincettes par le petit téton à la partie supérieure. **Ne jamais toucher le corps de l'aiguille avec les doigts.**

En cas de grippage par la calamine, on laisse tremper les pièces dans du gasoil jusqu'au lendemain.

Après avoir enlevé l'injecteur de la culasse, il faut soigneusement recouvrir celle-ci, pour empêcher l'entrée de corps étrangers dans le cylindre ou dans l'antichambre, ce qui pourrait rendre nécessaire un démontage de la culasse.

Nettoyage et rodage. — Sauf si une pièce est taussée ou rayée, un injecteur fonctionnant mal peut être remis en état par un bon nettoyage, suivi le cas échéant d'un rodage.

On ne rappellera jamais trop que le meilleur filtrage est insuffisant pour éliminer totalement les impuretés en suspens dans le gasoil et dont celui-ci réussit toujours à entraîner une certaine quantité jusque dans les injecteurs. A ces impuretés s'ajoutent celles qui peuvent provenir de la combustion, les parcelles de calamine s'introduisant à l'intérieur de la buse et empêchant parfois l'aiguille de redescendre, d'où fuites à la buse et pénétration des gaz chauds dans celle-ci.

Quand on examine sous le microscope la pointe d'une aiguille et le siège d'une buse ayant fait un long service, on remarque nettement que les surfaces sont rongées et, au lieu d'être parfaitement lisses, présentent l'aspect rugueux de la fonte brute. Certains constructeurs conseillent de procéder à intervalles réguliers, au rodage de l'injecteur. Trois conditions essentielles sont requises pour ce travail dont nous ne sommes pas partisan :

Une propreté absolue : Opérer sur un établi parfaitement propre ou, mieux, se servir de planches spéciales réservées exclusivement à cet usage, d'environ 60 × 60 cm, recouvertes d'une feuille de tôle à bords relevés de 10 à 15 mm. Ces planches qui permettent de ranger convenablement les différentes pièces démontées, peuvent être utilisées également pour les pompes. Les bords relevés ont pour but d'empêcher les petites pièces, billes, ressorts, clapets, aiguilles, etc., de tomber par terre et de s'égarer. Ces planches sont faciles à maintenir en

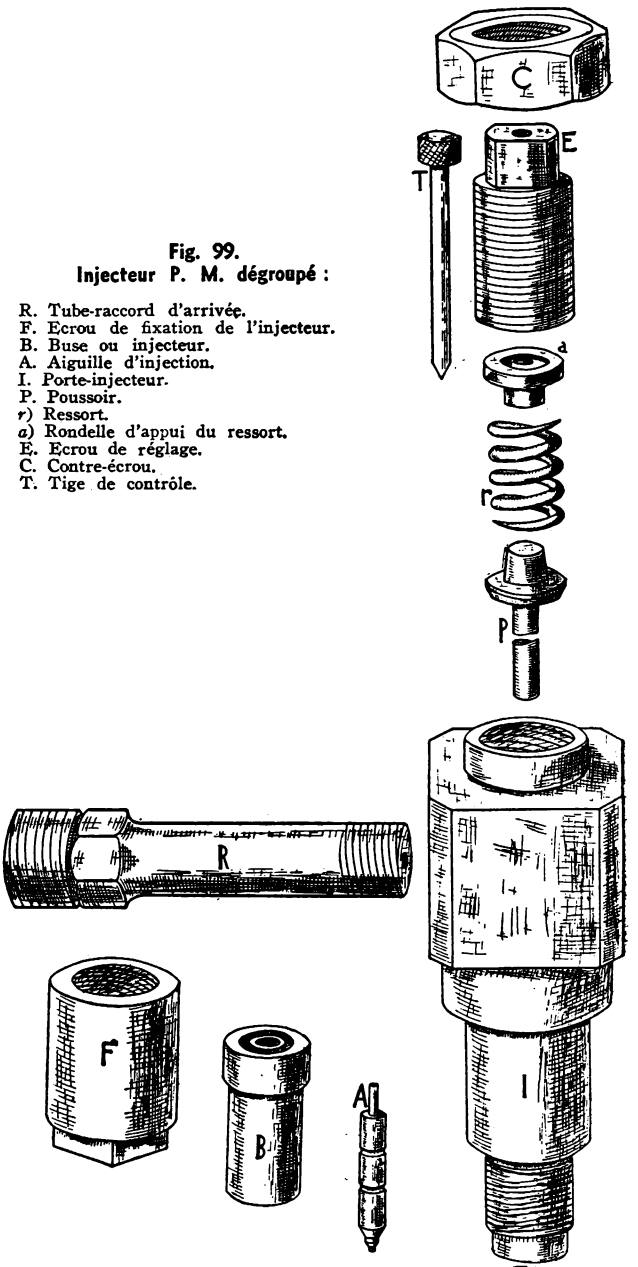


Fig. 99.
Injecteur P. M. dégroupé :

R. Tube-raccord d'arrivée.
F. Ecrou de fixation de l'injecteur.
B. Buse ou injecteur.
A. Aiguille d'injection.
I. Porte-injecteur.
P. Poussoir.
r) Ressort.
a) Rondelle d'appui du ressort.
E. Ecrou de réglage.
C. Contre-écrou.
T. Tige de contrôle.

état de propreté, sans poussière ni limaille; on n'a pas non plus à craindre les échardes et minuscules éclats de bois qui pourraient pénétrer à l'intérieur d'une canalisation ou d'un organe quelconque.

Ne jamais utiliser de corps dur : Le grattoir et la lime sont interdits. Seules des curettes en bois et des aiguilles spéciales fournies par le fabricant de l'injecteur ou le constructeur du moteur peuvent être utilisées. De même l'émeri est prohibé, ainsi que tout abrasif. Pas de pâte à roder. Toutefois la pierre à huile peut être employée en certains cas que nous examinerons plus loin. (Voir figure 100.)

Pas de chiffons. Les chiffons qui s'effilochent sont un des principaux ennemis du moteur à huile lourde.

Le nettoyage doit se faire exclusivement par rinçage dans du gasoil parfaitement filtré. L'aiguille doit coulisser librement et descendre dans la buse par son propre poids. Tant que son glissement n'est pas obtenu, il reste des impuretés, à moins que l'aiguille ne soit faussée. Rappelons qu'en cas de défectuosité d'une des deux pièces, la buse et l'aiguille sont à changer ensemble. Ces deux pièces sont en effet appairées. Le changement s'impose également quand l'aiguille a trop de jeu dans la buse.

Quant au nettoyage des orifices de pulvérisation, c'est une opération délicate; il est indispensable de détremper les dépôts charbonneux qui ont pu se former, afin de pouvoir les enlever sans risquer de rayer ou d'agrandir les orifices. Des curettes en bois dur ou de fines aiguilles en acier, rigoureusement calibrées, sont à employer.

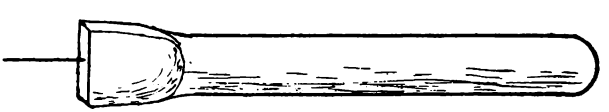


Fig. 100. — Aiguille pour déboucher les injecteurs.

En ce qui concerne le rodage, il doit être limité à la portée de l'aiguille et du siège. Nous avons déjà vu que l'aiguille repose généralement par une pointe conique sur un siège tronconique

(comme un pointeau de carburateur). Il ne faut jamais employer de pâte à roder, comme celle qui sert pour les soupapes. On prend une pâte faite avec de la fleur de soufre et de l'huile. On l'étale, en très faible quantité, avec la pointe d'une épingle. Une fois le rodage terminé, il faut enlever jusqu'à la moindre trace de cette pâte, non pas abrasive, mais corrosive, ce qui nécessite un abondant rinçage dans du gasoil, suivi d'un soufflage par air comprimé. (Le soufflage d'air comprimé, et chaud, si possible, est le seul mode de séchage que nous recommandons pour les organes d'injection des moteurs à huile lourde.)

Certains injecteurs, dont nous parlerons plus loin, ont une aiguille à portée annulaire. En ce cas, le rodage exige un outillage spécial, et notamment un rodoir calibré en fonction de l'injecteur. Le rodage se traduit en effet par un élargissement de la portée annulaire à l'intérieur de laquelle doit être creusée une cavité; au centre de celle-ci se trouve l'orifice de pulvérisation. Or, la forme du jet, et son angle de diffusion dépendent de la forme et des dimensions de cette cavité. Ce qui explique l'extrême précision qu'exige le rodage de ces injecteurs.

Réglage de l'injecteur. — L'injecteur doit être réglé avant sa remise en place sur le moteur. Après nettoyage et remplacement des pièces défectueuses, on procède au regroupage. L'injecteur est ensuite raccordé à la pompe de vérification et l'on en contrôle le fonctionnement comme nous l'avons expliqué plus haut. Si la pulvérisation se fait normalement, comme on est en droit de l'attendre, on procède au réglage de la pression. A cet effet, on met en circuit le manomètre et on actionne le levier lentement. L'injecteur doit pulvériser franchement, en faisant entendre un bruit de ronflement caractéristique, et sans qu'il se forme de gouttes avant ou après la pulvérisation.

La diminution de la pression provient soit d'un affaiblissement du ressort, soit d'un défaut de serrage de l'écrou ou de la vis de réglage, soit enfin d'une épaisseur incorrecte de la pastille ou de la rondelle de réglage.

La fatigue du ressort peut être due à un service prolongé, cette pièce assurant un travail beaucoup plus dur que les ressorts de soupapes par exemple. Mais elle peut aussi avoir été causée

par un chauffement exagéré de l'injecteur insuffisamment refroidi ou en contact avec les gaz chauds (manque d'étanchéité de l'aiguille)

Suivant le cas, on change le ressort ou on en règle la tension par le moyen convenable. Prenons par exemple les injecteurs avec écrous ou vis de réglage. Visser jusqu'à ce que l'on sente une résistance qui se manifeste aussitôt que l'on bute sur le ressort. Chaque tour qu'on fait en plus augmente la tension dans des proportions considérables. Voici, à titre d'exemple, les chiffres relevés avec des injecteurs Lavalette.

Types à téton, aiguille de 5 mm, téton de 1 et 1,5 mm : premier tour 80 kgs, chaque tour suivant 70 kgs.

Aiguille de 6 mm, téton de 2 mm : premier tour 65 kgs, chaque tour suivant 50 kgs.

Types à trous : chaque tour 50 kgs.

A noter qu'il ne faut jamais serrer ou desserrer l'écrou ou la vis de réglage pendant qu'on actionne le levier de la pompe de vérification. Ces deux opérations doivent avoir lieu séparément.

Si l'injecteur ne comporte pas d'écrou ou de vis de réglage, on augmente la tension par interposition de pastilles entre le le chapeau et le ressort. (C'est une disposition analogue à celle qu'on trouve sur certains moteurs pour le réglage des soupapes.) La tension augmente avec l'épaisseur des pastilles.

D'autres injecteurs se règlent à l'aide de rondelles d'épaisseur placées entre l'écrou formant chapeau et le corps porte-injecteur. La tension augmente quand on diminue l'épaisseur des rondelles et réciproquement. Une différence d'épaisseur de 1/10 mm équivaut à une différence de tension de 5 kgs.

La pression réelle de l'injecteur est souvent supérieure au chiffre indiqué par le constructeur qui, à juste titre, tient compte de la méfiance du client à l'égard des pressions élevées, méfiance qui, elle, n'est plus guère justifiée aujourd'hui. Il n'est pas inutile de mesurer la pression d'injection du moteur neuf dont on vient de prendre livraison. Il vaut mieux, d'autre part, faire travailler le moteur avec 10 kgs au-dessus qu'avec 5 kgs au-dessous du chiffre théorique. Dans le premier cas on aura toujours une bonne pulvérisation, dans le second, celle-ci pourra être défectueuse et même insuffisante pour le départ.

Remontage de l'injecteur. — En rassemblant les organes de l'injecteur, on doit veiller à ce que le bord supérieur de l'aiguille ne dépasse pas le plan de joint de la base (figure 101). Il faut qu'il se trouve environ 0,8 mm plus bas, afin de garantir une hauteur de levée suffisante.

L'écrou de fixation doit être examiné attentivement. Exposé directement aux hautes températures dues à la combustion, cet organe se déforme facilement et peut déterminer une portée défectueuse de la buse, défaut que le serrage énergique ne fera qu'accentuer.

S'il y a des ergots d'orientation, veillez à ce que ceux-ci s'engagent exactement dans les trous prévus à cet effet.

Quand un injecteur fonctionne mal avec un porte-injecteur déterminé, c'est souvent l'écrou de fixation qui est en cause, en donnant à la buse une position oblique, ce qui peut coïncer l'aiguille.

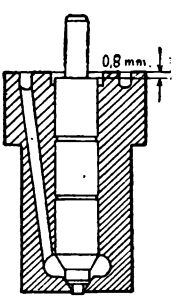


Fig. 101.
Désaffleurement de l'aiguille.

Un autre point auquel il convient de fair attention lors de l'assemblage de l'injecteur, est le centrage de la buse, qui a une importance capitale. Le diamètre extérieur de la buse étant d'environ 6/10 mm inférieur à l'alésage intérieur de l'écrou, la buse doit avoir dans l'écrou un jeu de 3/10 mm sur le rayon, ce que l'on vérifie à l'aide d'une cale d'épaisseur. Si ce jeu n'est pas réparti uniformément, c'est-à-dire s'il est de 0,1 mm d'un côté et de 0,5 mm de l'autre, sur un même diamètre, la buse est mal centrée, ce qui a pour effet un excentrage correspondant de l'aiguille, dont le jeu dans la buse est de l'ordre de quelques millièmes

de millimètres. Dans de nombreux cas, la défaillance de l'injecteur n'a pas d'autre cause. (Voir figure 94.)

Un autre point, sur lequel nous tenons à attirer l'attention, est l'agrandissement progressif des orifices de pulvérisation. Tous comme les trous des gicleurs de carburateurs, ces orifices s'usent peu à peu. Cette usure est normale et lente, mais elle peut être accentuée accidentellement lors du nettoyaye de la buse par exemple. Le faible diamètre des orifices, rigoureusement calibrés, explique qu'il ne faut utiliser les curettes dures pour leur nettoyage, qu'avec une extrême prudence.

Quant à la tige-poussoir, elle comporte souvent, à son extrémité, une bille d'acier sertie. Vérifier si cette bille n'est pas endommagée, et changer le cas échéant la tige.

Un autre organe, qu'il peut être utile de nettoyer, est le filtre dans le raccord d'arrivée. Ce raccord étant séparé du corps porte-injecteur, on le rince dans du gasoil et on le souffle dans le sens contraire à l'écoulement normal du liquide.

Après réglage de la pression, on peut faire une dernière vérification. On isole le manomètre et on actionne le levier plusieurs fois énergiquement pour contrôler le jet. Le récupérateur vitré avec paroi de fond en opale graduée sera ici d'une très grande utilité.

L'injecteur est souvent légèrement conique, bien qu'il s'engage dans un alésage cylindrique de la culasse. Il reste donc un certain espace annulaire autour de l'injecteur et cet espace peut se remplir de calamine. Ce dépôt ne présente pas d'inconvénient tant que l'injecteur reste en place. Mais lorsqu'on enlève celui-ci, il faut débarrasser la culasse de la couche de calamine qui y adhère, avant de remonter l'injecteur. La moindre parcelle peut empêcher l'injecteur de porter sur toute la périphérie et nuira ainsi à l'étanchéité du montage. Il ne faut pas que cette calamine reste dans le cylindre de l'antichambre. Si les injecteurs ont été démontés à l'occasion d'une révision générale, le problème du nettoyage des antichambres ne présente aucune difficulté. Mais si la culasse reste en place, il peut être difficile de procéder à un nettoyage efficace de l'antichambre. On peut recourir en ce cas aux moyens qu'on emploi avec succès pour le décalaminage, sans démontage, des chambres d'explosion des moteurs

à essence, et notamment la combustion de la calamine au chalumeau, avec jet d'oxygène. Il est bon de retirer les réchauffeurs et de visser des bouchons à la place.

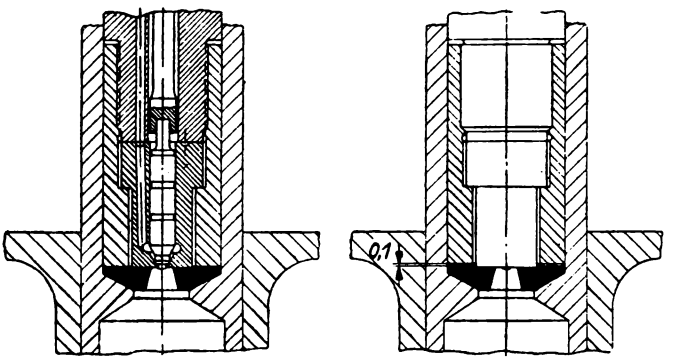


Fig. 102. — Montage de l'injecteur

Pour mettre l'injecteur à l'abri des gaz chauds, plusieurs moyens sont employés. On fait dépasser par exemple la buse d'environ 0,1 mm la base de l'écrou de fixation, de manière que ce soit la buse qui repose sur le joint, généralement en cuivre rouge, qui assure l'étanchéité nécessaire sans que les gaz chauds puissent passer. (Figure 102.)

Un autre moyen consiste à faire passer l'injecteur à travers la chambre d'eau en le plaçant à l'intérieur d'un tube de cuivre. (Voir fig. 103.)

Un point auquel on n'accordera jamais trop d'attention, est celui du serrage de l'injecteur. L'injecteur est serré contre le porte-injecteur par l'écrou de fixation. Par sa base, il repose souvent sur un siège de la culasse ou de l'antichambre sur lequel il est appuyé par l'étrier de fixation. Il se trouve donc en quelque sorte comprimé entre le siège et le porte-injecteur, ce qui peut donner lieu à des déformations qui expliquent qu'un injecteur peut fonctionner normalement à l'essai et ne plus pulvériser une fois sur le moteur. En raison du très faible jeu entre l'aiguille et la buse, le moindre renflement de celle-ci peut coincer l'aiguille.

Dans la réalisation que montre la figure 104 *a* la force d'appui

de l'étrier s'exerce dans le sens des flèches, bien qu'on puisse supposer, à première vue, que le corps *a* appuie directement, par la parti filetée, sur l'écrou de fixation *o* et applique celui-ci sur son siège. En réalité, l'écrou tire sur le corps, du fait que l'injecteur *k* est comprimé entre les deux, donc sujet à des déformations.

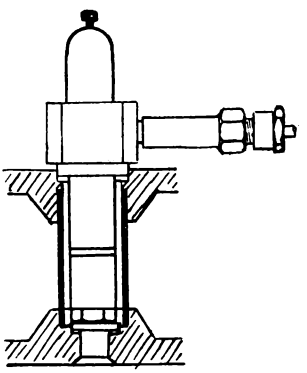


Fig. 103.
Montage de l'injecteur dans un tube de cuivre serti.

Cet inconvénient est supprimé avec la réalisation que montre la figure 104 *b*, où 'écrou *o*, fixant l'injecteur *k*, est vissé dans un manchon *s*, vissé lui-même sur le corps *a* et transmettant directement la poussée sur le siège, suivant les flèches. L'injecteur et son écrou de fixation ne subissent donc aucun effort anormal.

L'étrier de fixation a, de par sa construction, une certaine élasticité, et il cède davantage, au serrage, qu'une pièce plane serrée contre une autre. Ceci pourrait inciter le mécanicien à serrer plus que nécessaire les écrous de l'étrier.

A titre indicatif, disons que pour des injecteurs qui reposent par leur base sur un joint plastique (cuivre par exemple), un serrage de 3 m. kg suffit. Les deux écrous de l'étrier sont à serrer alternativement et progressivement, afin d'éviter tout coincement. Pour les injecteurs à portée conique, un léger serrage suffit.

Avant rebranchement des tubes de refoulement, il est indiqué de « tâter » les compressions à la manivelle, pour vérifier si aucun injecteur ne fuit.

Particularités de différents injecteurs. — Certains constructeurs de moteurs montent des injecteurs quelque peu différents de ceux que nous avons examinés dans les pages précédentes. D'autres emploient des appareils de leur propre conception. Nous allons en signaler les particularités essentielles.

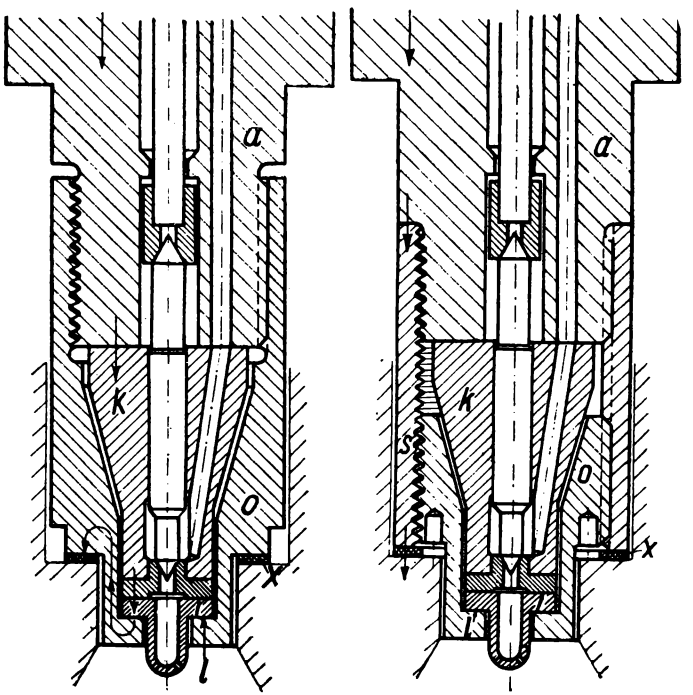


Fig. 104. — Montage de la buse. Dans la disposition de gauche, la buse, serrée entre le porte-injecteur et l'embase de l'écrou, risque de coincer. Dans la disposition de droite, la buse ne subit aucun effort.

CITROËN. — L'injecteur, du type à téton, est identique aux modèles classiques PM et Lavalette. Toutefois, le réglage de la tension se fait une vis fendue avec contre-écrou, cette vis étant montée dans le chapeau vissé dans le corps porte-injecteur et coiffé de son côté d'un capuchon. Pas de tige de contrôle. (Fig. 107.)

C. L. M. — Cet injecteur est du type ouvert, c'est-à-dire il

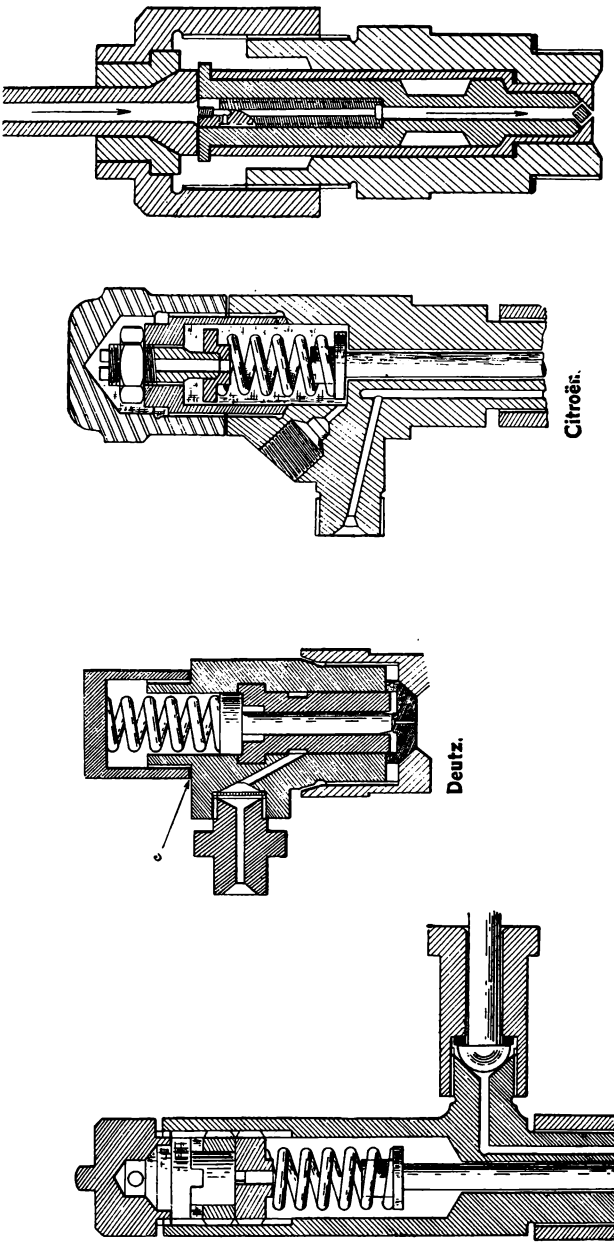


Fig. 105 à 108. — Différents types d'injecteurs.

ne comporte pas d'aiguile mobile ni de ressort. Il ne se bouche pas et reste insensible à la présence d'air dans le combustible. Il comporte un filtre constitué par une aiguille filetée munie de quatre canelures, dont deux communiquent d'un côté avec l'arrivée de gasoil et sont bouchées de l'autre côté. Les deux autres, bouchées du côté de l'arrivée, communiquent avec la sortie. Les cannelures communiquent entre elles par les filets qui arrêtent les impuretés.

Pour nettoyer l'aiguille de pulvérisation on utilise une curette de laiton; avec la pointe, on nettoie les deux trous à la base du cône, en évitant naturellement de refouler dans les trous les corps étrangers qui pourraient s'y trouver. Avec la partie plate de la curette on nettoie les deux rainures. Pour le nettoyage du corps, on se sert de la curette en bois. Le jet doit s'étaler sur un angle d'environ 90°. Le filtre peut être retiré facilement à l'aide d'une tige filetée qu'on visse dans le trou fileté. (Voir fig. 108.)

DEUTZ. — L'aiguille est logée dans un plongeur à rainures extérieures par lesquelles le gasoil descend vers l'orifice de diffusion de la buse. Le plongeur est muni, à sa partie supérieure, d'une collerette par laquelle il repose sur un épaulement du corps porte-injecteur. Le canal d'arrivée débouche à hauteur d'une rainure circulaire dans la paroi extérieure du plongeur. L'aiguille repose en bas par une surface annulaire plane, sur la plaquette de diffusion, au centre de laquelle est percé l'orifice de pulvérisation. Cette plaquette est serrée contre le corps de l'injecteur par l'écrou de fixation. (Fig. 106.)

Le réglage se fait par rondelles d'épaisseur entre le chapeau et le corps. On augmente la tension en diminuant l'épaisseur de rondelles.

GARDNER. — Cet injecteur se rencontre sur tous les véhicule munis de moteurs de cette marque, ainsi que sur moteurs construits en France, sous licence, par Bernard et Latil, et sur des moteurs de camions Delahaye.

La figure 109 en montre le fonctionnement. Pour démonter, on commence par l'écrou bouchon sous la bride de fixation. Sortir le ressort et la rondelle à téton logée sur l'aiguille. Dans l'alésage de l'aiguille on visse une tige filetée et l'on retire ainsi

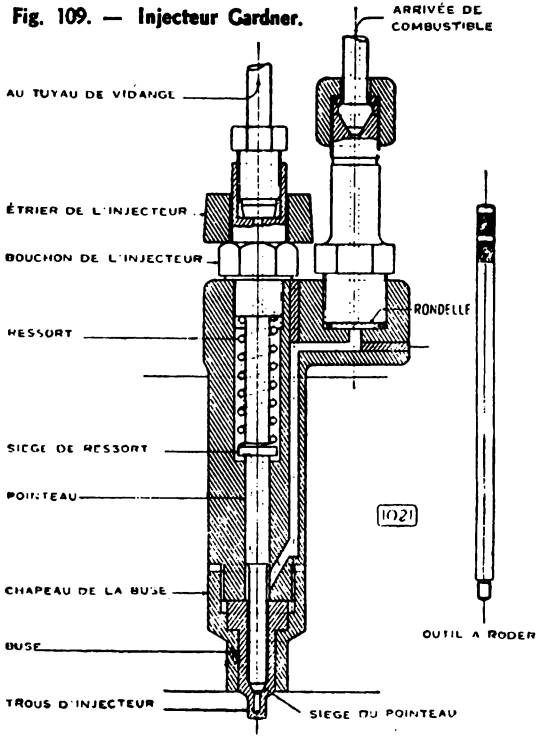


Fig. 109. — Injecteur Gardner.

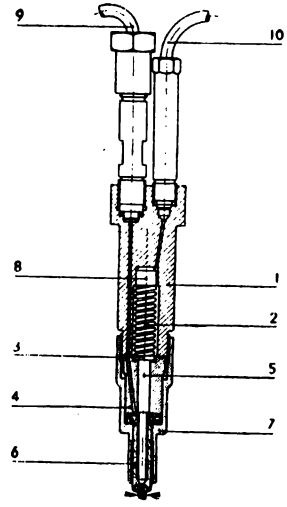


Fig. 110. — Injecteur Saurer.

1. Corps.
2. Ressort.
3. Rondelle.
4. Douille.
5. Aiguille.
6. Pointe.
7. Ecrou.
8. Siège du ressort.
9. Arrivée.
10. Retour.

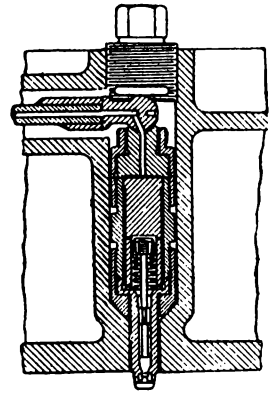


Fig. 111. — Injecteur Saurer nouveau modèle.

l'aiguille. Au remontage, ne pas oublier la rondelle de filtrage. Cet injecteur ne comporte pas de réglage. En cas de pression insuffisante ou exagérée, il faut changer les pièces défectueuses. retour. Pas de tige de contrôle.

PEUGEOT. — L'injecteur monté par Peugeot diffère du Lavalette ordinaire par la partie supérieure. Le réglage se fait par écrou et contre-écrou vissé dans le corps porte-injecteur; ces écrous sont percés au milieu pour laisser passer le gasoil de retour. Pas de tige de contrôle. (Fig. 105.)

SAURER. — Le grand modèle du type droit se caractérise par le fait que le ressort bute en haut contre le fond du corps porte-injecteur. L'aiguille coulisse avec son gros diamètre dans une douille et avec son petit diamètre dans la buse. Douille et buse sont fixées au corps par un écrou. On sait que l'injecteur plonge dans la chambre de turbulence aménagée dans le piston. Le gasoil se répartit en quatre jets horizontaux. (Fig. 110.)

Si l'injecteur ne s'enlève pas à la main, on visse les écrous sur les goujons de fixation de la bride, on place la bride par-desssus et à l'aide d'un outil qui se visse dans le corps porte-injecteur, on retire celui-ci. On dévisse ensuite l'écrou de fixation et on en sort la douille et l'aiguille. On place l'écrou debout (partie taraudée en bas) et on chasse doucement la pointe de la buse à l'aide d'un poinçon approprié. Pour déboucher les trous de pulvérisation, on se sert d'un outil à fil calibré.

Un autre modèle, plus récent, projette le gasoil en forme de voile. Une particularité intéressante réside dans la fixation. L'injecteur repose dans son puits. Il comporte à la partie supérieure le canal d'arrivée, percé axialement dans le chapeau. Celui-ci comporte une cavité en forme de calotte dans laquelle se loge le raccord en forme de rotule. Le bouchon-écrou appuie d'une façon étanche le raccord d'arrivée sur la tête de l'injecteur, et ce dernier se trouve appliqué en bas sur son siège conique. (Fig. 111.)

CHAPITRE XI

DÉMONTAGE DE LA POMPE D'INJECTION

D'abord quelques considérations générales.

Le démontage de la pompe d'injection ne doit être effectué qu'après l'essai, soit au banc, soit à l'aide d'un appareil à main. (Voir chapitre précédent.) Cet essai révèle en effet les points faibles, et si l'on a pris soin de noter sur une fiche les chiffres relevés pour chaque élément, on a une première base précise quant aux pièces à remplacer. Nous tenons à souligner, qu'en aucun cas le mécanicien ne doit procéder à la réparation d'un organe quelconque de la pompe. Tout au plus pourrait-il, exceptionnellement, effectuer un léger rodage des clapets et de leurs sièges. Quant au reste, son rôle se limite à la vérification et à l'essai de la pompe, ainsi qu'au remplacement des pièces défectueuses. Par exemple, un piston grippé, coïncé ou un peu dur dans son cylindre, ne doit pas être rodé, même si l'examen à la loupe ne révèle aucune rayure. Piston et cylindre sont à envoyer au fabricant ou à son agent — nous précisons bien : au fabricant, et non pas à des réparateurs dits spécialisés, qui donnent rarement satisfaction.

Quand on sait combien il est difficile déjà dans la construction automobile ordinaire d'obtenir des pièces de rechange à la cote voulue — et pourtant il ne s'agit ici, très souvent, que de dixièmes, tout au plus de centièmes de millimètres, — on comprend qu'il est à tout point de vue préférable de s'adresser au fabricant lorsqu'il faut des pièces usinées au 1/1000 mm. L'outillage, la main-d'œuvre, l'expérience, les moyens de contrôle et... le renom de la maison sont les conditions *sine qua non* d'une qualité irréprochable, et l'on conçoit aisément que, considérés sous cet

angle, les fabricants de pompes offrent plus de garanties et de sécurité au mécanicien qu'il n'en pourrait trouver ailleurs.

Au reste, si les fabricants interdisent le démontage de leurs pompes, souvent plombées, sous peine de perte de la garantie, c'est pour éviter des malfaçons dont les effets rejailliraient inévitablement sur le matériel de leur marque, de sorte qu'en fin de compte ils subiraient le préjudice au même titre que le mécanicien directement victime du mauvais travail. Il est probable que dans un avenir proche, et à mesure que l'emploi du moteur à injection se développera, le mécanicien démontera et vérifiera une pompe aussi couramment qu'il démonte aujourd'hui un carburateur ou un allumeur pour en changer les gicleurs ou les vis platinées. Mais il faut, pour cela, qu'il connaisse à fond le matériel. Il ne pourra plus s'agir de faire des expériences sur le dos du client. Le moteur à huile lourde, d'une manière générale, et le matériel d'injection en particulier, ne supportent pas le « margoulinage » si l'on veut nous permettre cette expression qui dit bien ce qu'elle veut dire. Mais le mécanicien consciencieux, qui voudra s'occuper du Diesel, pourra trouver dans cette branche une activité attrayante et lucrative.

Une première règle essentielle est à observer : Une propreté absolue, une propreté de clinique est indispensable.

En second lieu, un ordre méticuleux est à observer, tant pour ranger l'outillage et les différents appareils de mesure, que pour classer méthodiquement les pièces démontées, afin d'éviter toute interversion.

Troisième point : le local. Il doit être fermé, non pas simplement séparé du reste de l'atelier par une grille ou un grillage, mais par une cloison pleine ; l'intérieur est à peindre et à agencer de telle sorte qu'il se produise et se dépose le minimum de poussière. En un mot, répétons-le : une salle de clinique.

Pompe Lavalette

Fonctionnement. — Le piston de pompe est actionné par l'arbre à cames, par l'intermédiaire d'un poussoir. Lorsqu'il est au P. M. B., le combustible contenu dans la chambre d'aspiration pénètre dans le cylindre A par les deux orifices latéraux.

La chambre est alimentée par gravité. Quand le piston remonte, il obture les deux orifices et le gasoil est refoulé dans l'injecteur qui le pulvérise dans le cylindre du moteur. (Fig. 112.)

L'injection cesse à l'instant même où l'arête inclinée B de l'entaille pratiquée dans le piston, démasque l'orifice d'admission de droite, ce qui met en communication la chambre d'aspiration et l'espace au-dessus du piston, grâce à la rainure verticale dans le piston.

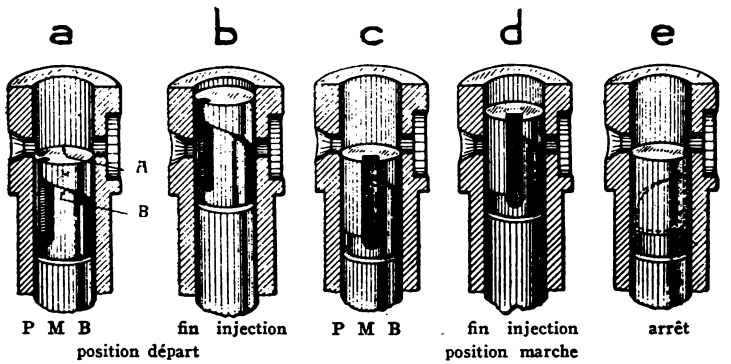


Fig. 112. — Les différentes positions du piston de pompe.

Pour régler le débit, on fait tourner le piston à l'aide d'une crémaillère. L'injection cesse d'autant plus tôt et le débit est d'autant plus faible, que la rampe démasque plus tôt l'orifice d'entrée.

Démontage de la pompe. — Il faut considérer plusieurs cas, suivant le type de pompe employé :

A) *Pompe sans arbre à cames.* Dans ce cas l'arbre à cames, le régulateur et le dispositif d'avance, s'il y en a un, font partie du moteur même. On dévisse les écrous des goujons qui fixent la pompe sur le carter de l'arbre à cames; après avoir défait les canalisations et déconnecté les tringles de commande de leurs leviers respectifs, on retire la pompe. On enlève ensuite, s'il y a lieu, l'arbre à cames, le régulateur et le dispositif d'avance.

La pompe est fixée sur un support spécial en vue du dégroupage dont nous parlerons plus loin. (Voir figure 113.)

B. *Pompe avec arbre à cames.* La pompe forme généralement un bloc avec le régulateur et le dispositif d'avance. Ce bloc est fixé par vis ou par sangles. On déconnecte les commandes, on enlève les vis ou sangles de fixation et on dégage la pompe avec précaution de l'arbre d'entraînement. Notons en passant que le régulateur, s'il est du type centrifuge, est placé le plus souvent

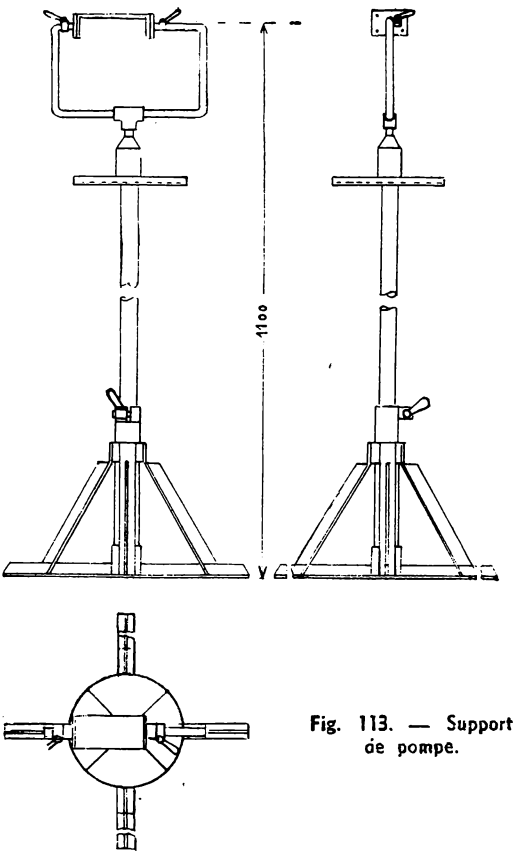


Fig. 113. — Support de pompe.

du côté opposé à l'arbre d'entraînement. Certains constructeurs montent un régulateur à eux et placent la pompe entre l'arbre d'entraînement sur lequel est monté le régulateur, et un appareil accessoire, tel que compresseur ou pompe à vide. Il y a, dans ce cas, un joint d'accouplement de chaque côté de la pompe et il faut coulisser un des joints pour pouvoir la dégager.

Démontage du dispositif d'avance. — Il existe deux systèmes :

a) l'avance à main,

b) l'avance automatique.

Avance à main. — L'ensemble est logé dans un carter fixé par quatre vis au carter inférieur de la pompe. On dévisse l'écrou de blocage du manchon claveté sur cône, et avec un petit arrache-moyeu on retire l'ensemble. Il faut sortir les manchons avant de pouvoir enlever le carter du dispositif d'avance.

Rappelons qu'il y a deux manchons concentriques : l'un claveté sur l'arbre de la pompe, l'autre qui porte les griffes d'accouplement.

Avance automatique. — Celle-ci est semblable au dispositif employé dans les distributeurs d'allumage des moteurs à essence. On enlève le couvercle du boîtier, et l'écrou de blocage du plateau entraîné. On peut retirer ensuite le dispositif.

Avance fixe. — Il suffit de retirer le manchon d'accouplement.

Démontage du régulateur. — Après avoir retiré le levier d'accélérateur et le doigt de butée, tous deux montés sur l'axe à excentrique, à l'extérieur du couvercle, on retire les paliers de cet axe, ce qui permet de sortir l'axe, et d'enlever le couvercle qui est fixé par plusieurs vis. On accède ainsi au régulateur qu'on dégroupe sans difficulté pour enlever finalement le support portant les masses centrifuges. Ce support est également claveté sur cône.

Dégroupage de la pompe. — Le support (fig. 113) doit être agencé de telle sorte qu'on puisse tourner la pompe dans tous les sens. On peut le fabriquer facilement soi-même ; il est utile de le munir d'une table, sur laquelle on place les différentes pièces. On peut prévoir également un montant tenant un petit réservoir de gasoil.

Le dégroupage de la pompe ne peut être effectué dans de bonnes conditions qu'avec l'outillage spécial établi par le constructeur et que représente la figure 114. On commence par introduire entre chaque ressort et le carter de pompe une cale échancrée, quand il s'agit d'une pompe avec arbre à cames. On

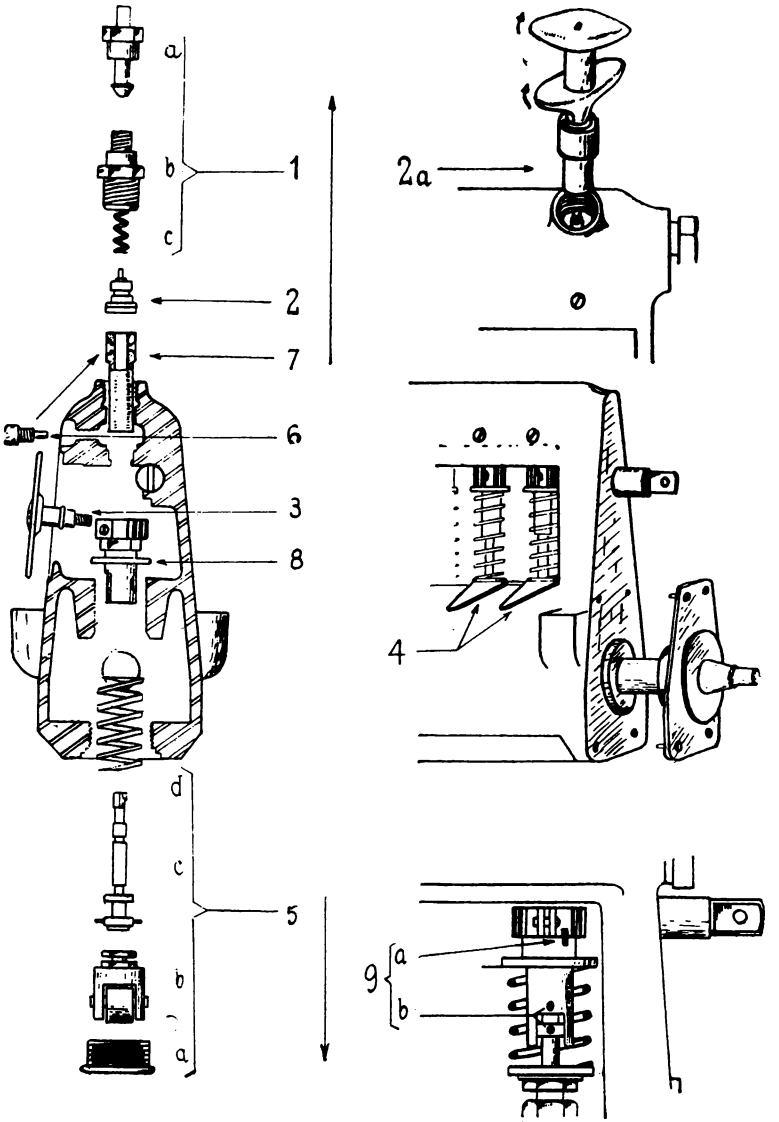


Fig. 115. — Ordre de démontage de la pompe Bosch

Les pièces sont à sortir dans l'ordre des numéros et suivant le sens de flèches.

Pour extraire la soupape de refoulement (voir 2 a), on visse l'extracteur à l'aide de la poignée supérieure, on tourne ensuite la poignée inférieure jusqu'à ce que la soupape soit sortie.

Pour le réglage (voir 9 a et b), mettre la crémaillère en position moyenne, les traits *a* doivent coïncider et les points *b* être en ligne.

Vis de blocage (voir 6) : Ne pas oublier le joint.

retire à chaque extrémité du carter les couvercles de roulement, ainsi que la jauge d'huile. On retourne la pompe de façon que la partie supérieure se trouve en bas; les poussoirs descendent sous l'effet de leur poids; les cames se trouvent ainsi libérées, et on peut sortir l'arbre. On continue le démontage dans l'ordre qu'indique la planche ci-contre (fig. 115). En ce qui concerne l'arbre, il y a lieu, le cas échéant, de le repérer, afin de ne pas le remonter à l'envers.

On laisse la pompe dans la position retournée, et on dévisse les bouchons dans le fond du carter; on sort les poussoirs à galets; après avoir enlevé les cales, on retire les tiges-pistons et les ressorts. On peut ensuite remettre la pompe dans sa position normale, pour enlever les raccords des tubuleurs de refoule-

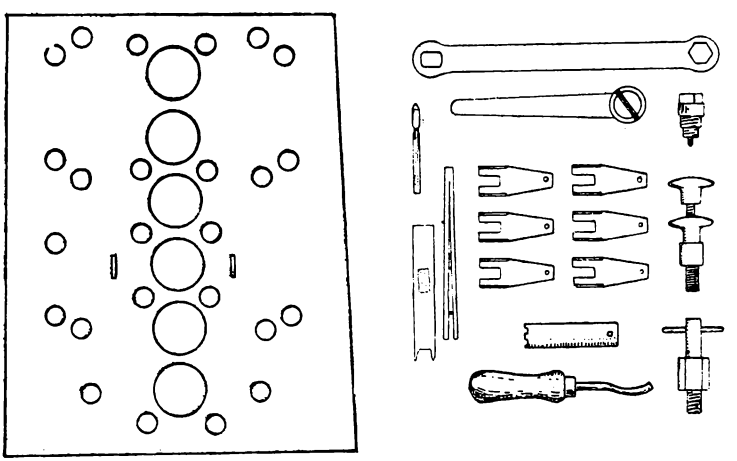


Fig. 114. — Outils spéciaux pour démontage.

ments et les ressorts de soupapes. Pour retirer la soupape même avec son siège et le joint, il faut se servir de l'outil spécial comme le montre la figurine 2 *a* (fig. 115). On enlève le couvercle latéral et on dévisse les vis d'arrêt des cylindres. Les cylindres sont à chasser à l'aide d'un jet de bronze ou d'une tige de fibre. Les cylindres sortis, on peut retirer les manchons de réglage avec les cuvettes de ressorts supérieures.

Piston et cylindre sont toujours à remplacer ensemble ; jamais changer l'un sans l'autre. Les opérations énumérées ci-dessus sont à effectuer chaque fois que le remplacement d'un piston et de son cylindre s'impose, par exemple, en cas de rayure du piston ou du cylindre. Bien entendu, quand un seul élément est défectueux, il n'est pas nécessaire de dégrouper les autres. Mais il faut sortir l'arbre à cames. Par contre, le remplacement d'une soupape de refoulement n'exige le démontage d'aucun autre organe.

S'il s'agit d'une pompe sans arbre à came, on maintient le poussoir avec une goupille, pour pouvoir enlever le jonc d'arrêt noyé dans une gorge du carter. On sort ensuite par en bas le guide de piston avec le grain de poussée, la cuvette inférieure du ressort,

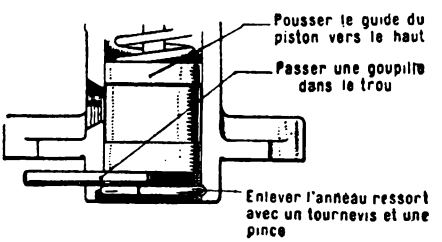

Pousser le guide du piston vers le haut
Passer une goupille dans le trou
Enlever l'anneau ressort avec un tournevis et une pince

Fig. 116. — Retrait du poussoir d'une pompe sans arbre à cames.

le piston, le ressort, la cuvette supérieure et le manchon de réglage. (Voir figure 116.)

Toutes les pièces sont à ranger si possible sur une planchette appropriée.

Remontage. — Il doit être effectué exactement dans l'ordre inverse du démontage, et ne présente aucune difficulté, mais il exige une propreté absolue. En aucun cas, on ne doit toucher avec les doigts la partie du piston qui se déplace dans le cylindre. On se sert d'une pince spéciale, et on rince cylindre et piston abondamment dans du gasoil, avant de les remettre en place.

Quand toutes les pièces sont remontées, on règle la rotation des pistons. A cet effet, on met la crémaillère dans sa position moyenne. On vérifie et au besoin on aligne les repères sur le

secteur denté et le manchon. S'ils ne coïncident pas, on desserre la vis de pincement du secteur, et on tourne le manchon, jusqu'à ce que les points soient alignés. Resserrer ensuite les mâchoires du secteur. Deux autres repères, l'un sur l'embase du piston, l'autre à la partie inférieure du manchon, doivent coïncider également, sans quoi, le piston est décalé de 180°.

Pour déterminer avec précision la position moyenne de la crémaillère, on peut procéder de plusieurs manières.

a) Mesurer la distance entre le centre de la vis de blocage du premier cylindre et l'extrémité du carter; du milieu de la partie dentée correspondant au même cylindre, on reporte cette longueur vers l'extrémité de la crémaillère.

b) Placer la crémaillère de telle façon que la partie cylindrique dépasse de la même quantité à chaque bout.

Pompe P.M.

Fonctionnement. — Le piston étant au P. M. B., le gasoil pénètre dans le cylindre. En remontant, le piston refoule le gasoil à travers le clapet de retenue vers l'injecteur. Ce refoulement dure jusqu'au moment où l'évidement annulaire du piston vient se placer en regard des orifices d'arrivée du combustible; c'est la position de décompression brusque, et le clapet de retenue se ferme; le piston continue sa montée, mais sans refouler. En redescendant, il découvre à nouveau les orifices d'entrée et le combustible remplit l'intérieur du cylindre. La variation du débit s'obtient par rotation du piston.

Nous allons examiner séparément les pompes sans arbre à cames et celles avec arbre; il y a entre ces deux types des différences de construction assez marquées.

I. — **Pompe sans arbre à cames. Démontage.** — Monter (voir planche fig. 117), la pompe sur le support; à défaut de support, on peut la fixer à l'envers dans un étau, en utilisant des mordaches en laiton ou en plomb. Procéder ensuite dans l'ordre ci-après :

1° Avec un morceau de bois, appuyer sur le poussoir 781 et passer à travers le trou latéral, en bas du corps de pompe, une goupille ou un gros clou, pour immobiliser le poussoir.

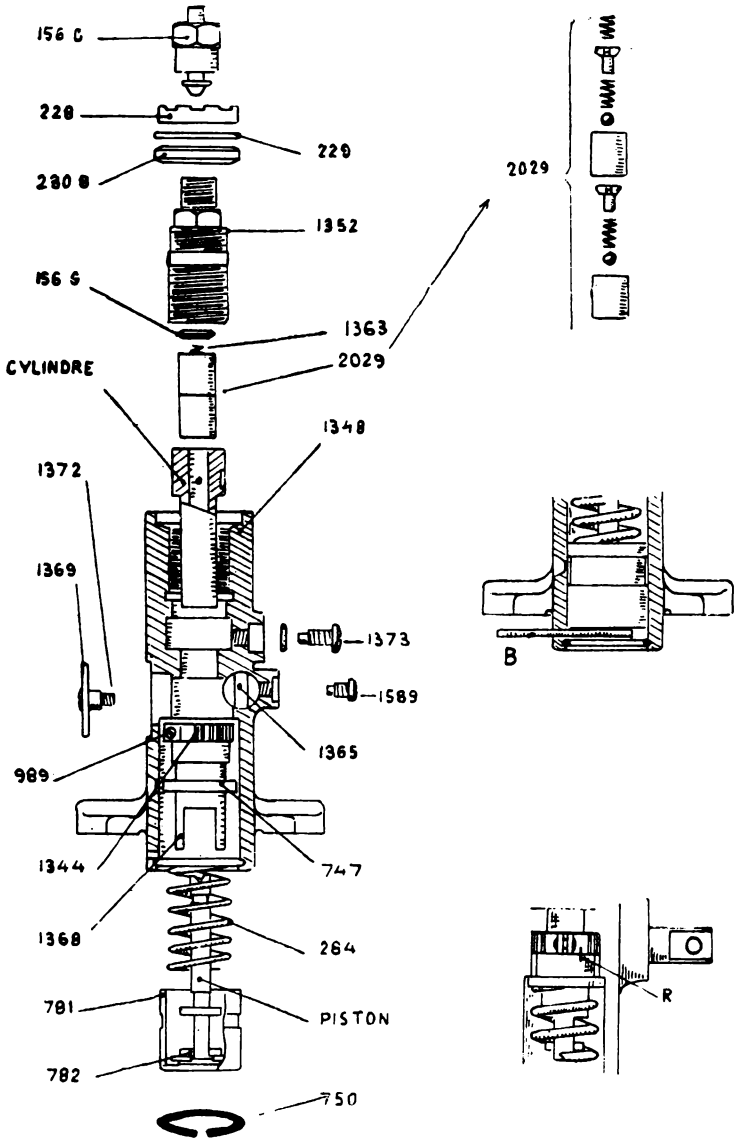


Fig. 117. — Planche de démontage d'une pompe PM sans arbre à cames.

2° Sortir le jonc 750 de son logement. (Recouvrir avec un chiffon pour empêcher le jonc de sauter).

3° Retirer la goupille qui maintient le poussoir; sortir celui-ci, ainsi que le piston, la cuvette 782, le ressort 284 et le manchon 1368 avec la cuvette 747 et le secteur denté 1344.

4° Dévisser de quelques tours les vis 1589 et enlever la crémaillère 1365.

La vis 1589 limite le déplacement de la crémaillère. (Dans certains modèles, ce déplacement est limité par la butée du pignon contre une vis).

5° Retourner la pompe dans sa position normale; débloquer et enlever l'écrou de presse-étoupe 228.

6° Débloquer et desserrer le bouchon-guide de clapet 1352; la coupelle 229 du joint presse-étoupe et le joint 230 B viennent en même temps. Le joint de cuivre 156 G, aplati et élargi par le serrage intérieur, reste généralement dans le bouchon 1352.

7° Dégrouper les clapets 2029 comme le montre la planche. Enlever également la rondelle du guide des clapets si elle existe.

8° Desserrer de quelques tours la vis 1373; on libère ainsi le cylindre qu'on peut extraire. Si le piston et le cylindre n'ont pas à être remplacés, il est prudent de les rincer, séparément, dans du gasoil filtré, et de les engager l'un dans l'autre en attendant le remontage.

Les différentes pièces, une fois démontées, sont à vérifier très soigneusement, au besoin à la loupe et à la lumière, notamment les pistons, les cylindres et les clapets. Les pièces mâles et femelles sont à remplacer ensemble; il faut bien se garder de monter, par exemple, le piston d'un cylindre dans un autre. La moindre rayure rend les pièces inutilisables.

Après avoir nettoyé toutes les pièces et remplacé celles qui étaient défectueuses, on peut procéder au remontage.

Remontage. — On opère en sens inverse du démontage.

1° Introduire le cylindre dans le corps de pompe; la rainure ovale en regard de la vis d'arrêt 1373 qu'on bloque.

2° Replacer, si elle existe, la rondelle guide, chanfrein en haut. Remettre en place, l'un après l'autre, les clapets, en suivant

l'ordre indiqué sur la planche, et ne notant que les ressorts et les billes ne doivent pas être interchangés.

3° Replacer le ressort 1363 sur le butoir supérieur, ainsi que le joint de cuivre 156 G.

4° Engager d'un filet environ le bouchon 1352, introduire dans celui-ci une tige de diamètre approprié avec laquelle on exercera une légère pression sur le butoir supérieur pour centrer le ressort 1363 et empêcher le coïncement du clapet pendant qu'on revisse le bouchon 1352.

5° Remettre le joint 230 B, la coupelle 229 et l'écrou crénelé 228. Bloquer.

6° Tourner le corps de pompe à l'envers et engager la crémaillère, la rainure du côté de la vis 1589 qui est à rebloquer. La crémaillère doit se trouver à la position médiane. Nous avons indiqué, page 159, comment on détermine cette position avec précision.

7° Orienter le manchon par rapport à son secteur, de façon que les deux traits de repère coïncident; bloquer le secteur.

Attention. — Les deux traits de repères R, l'un sur le secteur, l'autre sur le manchon, déterminent la position du piston par rapport au secteur, et non pas celle du secteur par rapport à la crémaillère.

Si l'engrènement de la crémaillère avec le secteur est correct, on doit pouvoir coulisser la crémaillère de la même quantité dans les deux sens et la partie cylindrique doit entrer entièrement dans le corps de pompe à chaque position extrême (« Stop » et « pleine charge »). On peut donc également, pour mettre la crémaillère à sa position moyenne, mesurer le dépassement de chaque extrémité cylindrique par rapport au corps de pompe. Ce dépassement doit être le même des deux côtés. Si l'engrènement n'est pas correct, on déplace le secteur du nombre de dents voulu.

8° Remonter la cuvette de ressort 747, la partie concave côté ressort. Remettre le ressort. Placer la cuvette 782 dans la base du piston; engager celui-ci en l'orientant de manière que les tenons s'engagent dans les évidements du manchon. Le piston P. M. peut prendre indifféremment deux positions, par rapport au manchon, l'une à 180° de l'autre, du fait que la tête comporte

deux rampes symétriques. Il n'est donc pas besoin de repères sur le tenon du piston et en bas du manchon.

9° Maintenir le piston dans sa position par rapport au manchon et coiffer l'ensemble du poussoir qu'on doit pouvoir enfoncer jusqu'à sa position extrême. Au besoin, on fera tourner le manchon légèrement en déplaçant un peu la crémaillère.

10° Appuyer à fond sur le poussoir, remettre une broche ou une goupille dans le trou latéral, replacer le jonc et retirer la broche. La pompe est remontée et peut être essayée.

II. — **Pompe avec arbres à cames.** — Ces pompes ont le corps constitué par plusieurs parties :

a) Le carter supérieur avec les clapets, la canalisation d'arrivée, la crémaillère et les cylindres.

b) Le carter inférieur avec les poussoirs et l'arbre à cames.

c) Les deux supports de palier, chacun avec un roulement à rouleaux coniques. Ils s'emboîtent dans le carter inférieur, auquel ils sont fixés par des vis.

Les deux carters, supérieur et inférieur, sont assemblés par goujons.

Retrait des dispositifs accessoires. — Le démontage de l'avance s'effectue à peu près de la même façon que celui des appareils Lavalette. Quant au régulateur, quelques différences entre les deux constructions sont à noter. Les régulateurs P. M. sont logés dans un carter en trois parties :

a) Le carter proprement dit, fixé par des vis intérieures au corps de pompe;

b) Le couvercle latéral dans lequel sont fixés les paliers de l'axe à excentrique;

c) Le chapeau.

Le levier d'accélérateur et le doigt de butée sont montés sur canelures.

Pour démonter, on retire chapeau, levier d'accélérateur, doigt de butée, paliers de l'axe à excentrique, couvercle; on désaccouple la crémaillère, on enlève l'axe des leviers pour dégager le coulisseau et la douille dans le support. Ce support est claveté

sur cône. On peut dégrouper complètement le régulateur, avant de retirer le support du cône, ou bien retirer celui-ci avec ses masses centrifuges, pour dégrouper ensuite sur établi.

Dégroupage de la pompe. — Celle-ci étant débarrassée des dispositifs accessoires, on la fixe sur le support, pour démonter dans l'ordre suivant :

1° Desserrer les écrous des goujons de fixation du carter supérieur ;

2° Retourner la pompe, en tenant le carter supérieur, et le descendre pour le dégager des goujons ;

3° Retirer les supports-paliers de l'arbre à cames, et la jauge d'huile ; sortir l'arbre ;

4° Retourner le carter, dévisser les vis d'arrêt des clavettes de poussoir, sortir les clavettes et les poussoirs.

5° Sur établi, retirer du carter supérieur, dans chaque élément, le piston, la rondelle de rappel du piston, le ressort, la plaquette d'appui supérieur du ressort, et le manchon avec le secteur denté.

6° Enlever la plaque de regard et les deux paliers de la crémaillère, retirer celle-ci ;

7° Retirer par le haut les clapets et le cylindre, comme il a été précisé plus haut sous les numéros 5 à 8 (voir démontage des pompes sans arbre).

La crémaillère est constituée par une tige ronde sur laquelle sont montés autant de tronçons dentés qu'il y a de cylindres et qui sont bloqués chacun par deux vis.

En plus des pièces déjà énumérées plus haut, on vérifiera le grain de poussoir et l'extrémité du piston.

Les ressorts affaiblis, ressorts de clapets ou de rappel de piston, sont à remplacer. Si les roulements de l'arbre à cames ont du jeu, on place une cale d'épaisseur dans le fond du logement, c'est-à-dire entre le support de palier et le chemin de roulement extérieur.

Toutes les pièces d'un même élément de pompe sont à grouper ensemble ; ne pas les jeter pêle-mêle dans le bac de nettoyage. Ayez, si possible, un bac à plusieurs compartiments, quatre ou six si possible, séparés par de la toile métallique assez fine. De

petites pièces apairées, telles que les clapets, peuvent être groupées dans des boîtes.

Remontage. — Le travail est un peu plus compliqué que pour les pompes sans arbre à came :

1° Monter l'arbre avec les supports-paliers, placer chacun des poussoirs dans son alésage respectif, remettre les clavettes et les vis d'arrêt.

2° Dans le carter supérieur, remettre en place les cylindres et les clapets.

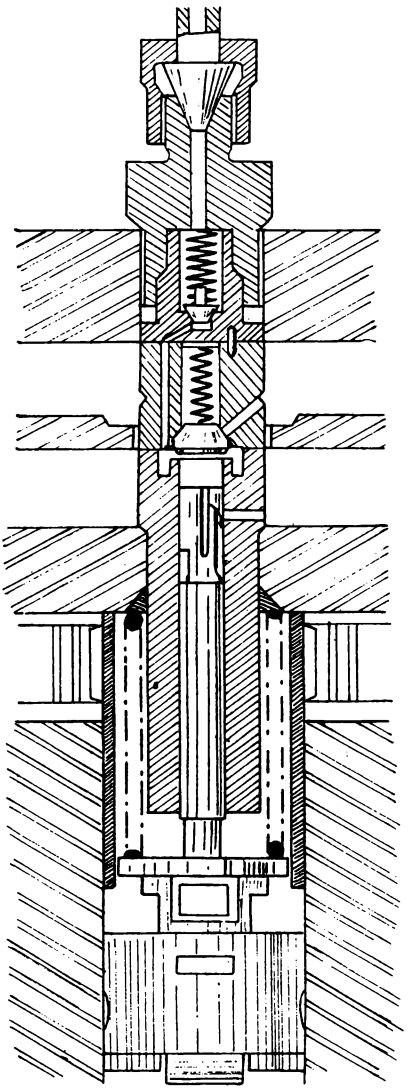
3° Remonter les manchons de réglage, les plaquettes d'appui supérieures des ressorts, les ressorts, les rondelles de rappel et les pistons. Orienter pistons et manchons convenablement pour que les tenons des premiers puissent s'engager dans les évidements des seconds, et de telle sorte que les têtes soient à la position de débit nul (rainures verticales devant les orifices d'admission). Vérifier si les tenons de tous les pistons sont orientés parallèlement.

4° La partie supérieure de la pompe étant fixée dans l'étau, clapets en bas, on emboîte le carter inférieur, en appuyant pour écraser les ressorts, afin de pouvoir monter les écrous sur les goujons d'assemblage. Serrer ces écrous.

5° Retourner le bloc et monter la crémaillère en position « Stop ». Engrener et fixer les paliers-supports de l'axe de crémaillère. Il reste à vérifier et à régler le débit, ce que nous examinerons plus loin.

Deckel

Fonctionnement. — Cette pompe est du type à clapets. Le canal d'arrivée communique avec le clapet par six petits perçages obliques, par lesquels le combustible pénètre lorsque le piston descend et que le clapet s'ouvre sous l'effet de la dépression. Quand le piston remonte, le clapet se referme et le combustible est refoulé à travers un conduit vertical percé dans le corps du clapet d'admission et aboutissant au clapet de refoulement. L'excédent passe dans un espace annulaire entourant le cylindre et



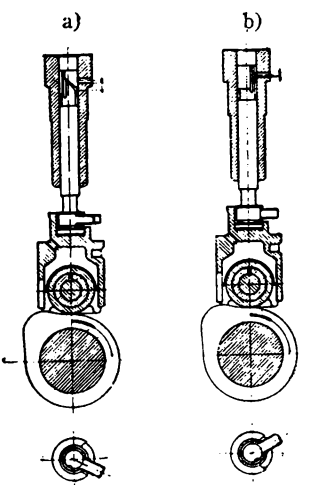


Fig. 118. — Pompe Deckel : à gauche, coupe d'un élément; ci-dessous, position du piston à plein débit (a) et débit nul (b).

communiquant avec la chambre d'arrivée, disposée au-dessus, par un léger jeu circulaire entre le cylindre et le corps de pompe. Le piston est du type à entaille, et le débit dépend de sa position par rapport à l'orifice du retour. (Voir fig. 118.)

Démontage. — Comme le montre la coupe schématique, le corps de pompe est en deux parties, réunies par deux goujons, un à chaque extrémité. Après avoir retiré, si c'est nécessaire, le dispositif d'avance, le régulateur et la pompe d'alimentation, on fixe la pompe sur le support de réparation, et on la dispose horizontalement. Puis :

1° Dévisser les écrous des goujons d'assemblage; retirer la partie supérieure avec laquelle on sort le manchon de réglage de débit;

2° De cet ensemble, retirer sucessivement :
les pistons avec les rondelles d'appui inférieures, les ressorts, les manchons de réglage, les segments de blocage des cylindres servant également de rondelles d'appui supérieures des ressorts.

3° Enlever en haut les raccords de refoulement, les écrous de blocage des clapets de refoulement avec leurs joints.

4° Sortir les poussoirs du bloc inférieur, en prenant soin des pastilles d'appui logées dans un alésage et sur lesquelles portent les pistons.

5° Démonter les roulements et sortir l'arbre : sortir la crémaillère.

Il importe de vérifier attentivement le cône de portée du cylindre dans le bloc.

Remontage. — La rotation du piston étant limitée par les bords d'une échancrure dans la partie supérieure du poussoir le cylindre est à tourner de telle sorte que le sommet de la rampe oblique découvre l'orifice de retour quand le tenon du piston bute contre le bord correspondant de l'échancrure. Un doigt noyé dans le corps de pompe empêche le poussoir de tourner. Quant au cylindre, il est immobilisé en bas par le segment conique formant coin, et en haut, par le serrage sur le siège également conique.

On monte le cylindre de manière à ce que l'orifice de retour soit parallèle à l'axe longitudinal de la pompe, et dirigé du côté

opposé au régulateur. Pour le remontage, on regroupe d'abord la partie supérieure :

1° Engager le cylindre, puis le clapet d'aspiration, avec le bonhomme de centrage. Ce centrage est très important, car il faut faire coïncider les canaux de refoulement dans les deux clapets. Au-dessus du clapet supérieur (refoulement), placer le joint et bloquer l'écrou énergiquement.

2° Du côté inférieur, remettre en place le segment conique, le ressort, le piston avec la rondelle d'appui, le tenon du piston orienté du côté de la plaque de regard; engager le manchon.

3° Placer la crémaillère en position moyenne.

4° Regrouper la partie inférieure, en remontant d'abord l'arbre à cames.

5° Mettre en place les poussoirs, vérifier si les bagues d'appui des secteurs dentés sont en place. Les poussoirs doivent être garnis de leurs pastilles qui sont en acier trempé.

6° Emboîter la partie supérieure sur la partie inférieure, en prenant soin que les tenons des pistons soient tous orientés dans le même sens et que les secteurs engrènent correctement avec la crémaillère.

Deutz

Fonctionnement. — Cette firme a sorti plusieurs modèles de pompes, parmi lesquels nous examinerons le plus répandu (fig. 119). C'est une pompe à piston à course constante, avec réglage du débit par rotation du piston. Cette rotation est commandée, non pas par une crémaillère, mais par une tige comportant autant d'entailles qu'il y a de pistons; chaque piston est muni d'une manivelle qui s'engage dans une de ces entailles.

En reculant, le piston aspire du combustible à travers le clapet A; en avançant, il refoule le gasoil à travers le clapet R vers l'injecteur, jusqu'au moment où l'arête oblique du piston *p* découvre le trou d'évacuation de l'excédent d'huile qui passe dans la canalisation *e*. Au même moment, le clapet *R* se referme.

Démontage. — On retire d'abord le carter de régulateur, puis la goupille de la rondelle du ressort sur la tige de réglage; on enlève le ressort, on dévisse les écrous des deux goujons de

fixation du support, ainsi que l'écrou bloquant le pignon d'entraînement sur le cône de l'arbre à cames. (Ce pignon entraîne un autre pignon plus petit (rapport 4 : 1) qui est le pignon de l'arbre régulateur tournant dans deux roulements à billes).

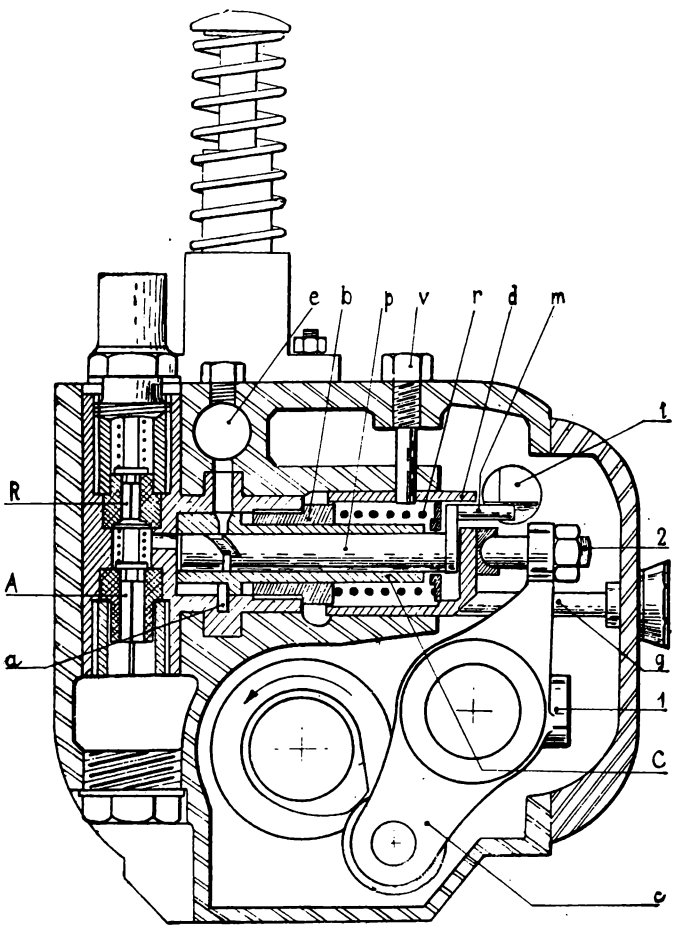


Fig. 119. — Pompe Deutz.

Du côté opposé, on démonte le dispositif d'avance variable. On continue dans l'ordre suivant :

1° Chasser l'axe des culbuteurs et retirer les culbuteurs *c*.

2° Engager, sur les goujons *g* de fixation du couvercle, une plaquette pour enfoncer les douilles de guidage *d;*

3° Enlever les vis d'arrêt de ces douilles; tourner les douilles vers la gauche pour dégager les manivelles de la tige; retirer celle-ci;

4° Enlever la plaquette, sortir les douilles, les ressorts *r* et les pistons *p*.

5° Dévisser les écrous de blocage *b* des cylindres; retirer écrous et cylindres C.

Pour démonter un clapet de refoulement, on dévisse le raccord et on sort le clapet à l'aide d'une pincette.

Pour sortir le clapet d'aspiration, on dévisse le bouchon inférieur, et à l'aide d'une clé carrée on dévisse l'écrou de fixation du clapet.

Remontage. — On procède dans l'ordre inverse du démontage :

1° Remettre en place le cylindre. Il est pourvu, à son extrémité intérieure, d'un côté, d'une entaille, qui doit être orientée vers le bas et s'engager sur l'ergot d'arrêt *a* noyé dans le corps de pompe; du côté supérieur doit se trouver le perçage d'évacuation de l'excès de gasoil.

2° Remettre en place le joint et l'écrou de blocage qui est à serrer énergiquement;

3° Monter le ressort de rappel *r*. Ne pas oublier la rondelle d'appui du ressort;

4° Engager les pistons dans leur cylindre, avec manivelle à gauche, vers le haut.

5° Entrer les douilles à l'aide de la plaquette pour comprimer les ressorts et mettre en place la tige de réglage.

6° Remettre en place les vis d'arrêt des douilles; enlever la plaquette, remonter les culbuteurs et leur axe.

Pompes Junkers

Fonctionnement. — En s'approchant du point mort bas, le piston découvre la lumière d'entrée du cylindre qui se remplit de combustible. Il refoule jusqu'au moment où il découvre l'orifice de retour. Le piston est commandé par un culbuteur qu'actionne un arbre à cames.

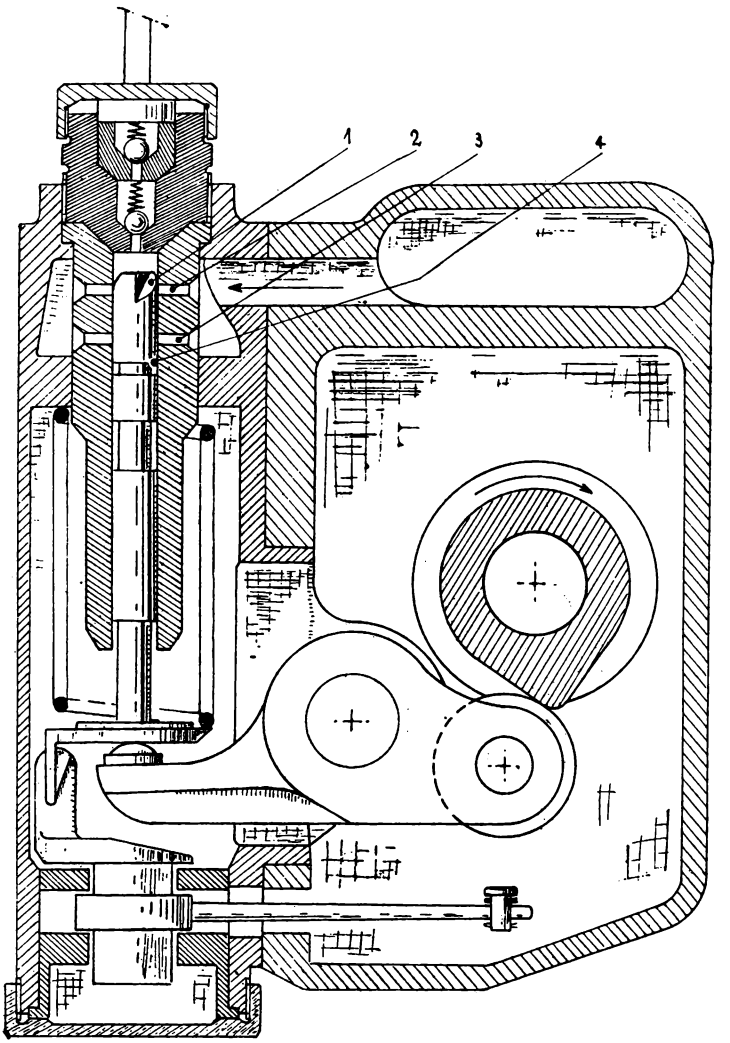
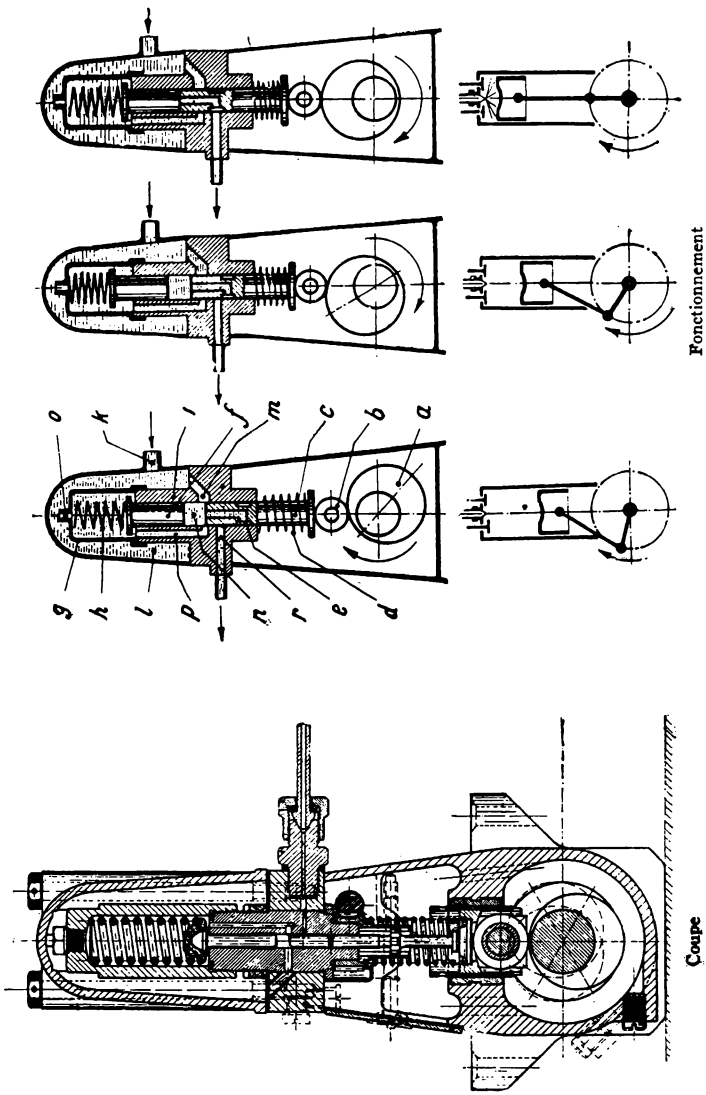


Fig. 120. — Pompe Junkers.

Démontage. — Le corps de pompe est fixé au carter dans lequel est logé l'arbre à cames. Il suffit donc de dévisser les écrous de ces goujons pour pouvoir retirer la pompe avec le culbuteur, qu'on enlève après avoir chassé l'axe. Le couvercle comporte le conduit d'arrivée de combustible, ainsi qu'un alé-



Fonctionnement

Coupe

Fig. 121 et 122. — Pompe Scintilla-Ratellier.

sage dans lequel est emmanché le cylindre qui repose en bas sur un siège conique. Avec le couvercle, on enlève le cylindre, le piston, le ressort de rappel et le manchon de réglage. Le blocage du cylindre est assuré par un écrou chapeau fixant en même temps le tube d'injection. Dans le cas où l'on veut simplement sortir le clapet placé dans la partie supérieure du cylindre, on dévisse cet écrou, on enlève le siège de l'embout du tube d'injection et on sort le clapet.

La figure 120 montre une réalisation un peu différente.

Pompe Scintilla-Ratellier

Fonctionnement. — Cette pompe est du type à accumulation. Le piston est poussé par l'arbre à excentrique et rappelé par son ressort. Il comporte à sa partie supérieure plusieurs perçaces radiaux et un forage axial (fig. 121 et 122).

Quand le piston est au point mort bas, le combustible s'écoule de la chambre d'arrivée *l* à travers le conduit *m* dans le cylindre *n*. De là, par le conduit *p*, il va remplir également la cloche *g*. En remontant, le piston *e* refoule d'abord l'excédent de combustible dans la chambre *l*. Il ferme ensuite la communication avec la cloche *g*, puis le canal d'admission *l*. Par l'intermédiaire du combustible contenu dans le cylindre, il repousse vers le haut le piston *f* qui comprime à son tour le ressort *h*, ainsi que le combustible contenu dans la cloche *g*. Une partie peut s'écouler par l'orifice calibré *o* en haut de la cloche. La pression maximum est atteinte au moment où l'arête supérieure d'une gorge circulaire du piston *e* découvre l'orifice du canal *r*. Aussitôt, le piston *f*, sous la pression du ressort de refoulement *h* et du combustible contenu dans la cloche *g* chasse le liquide emprisonné entre les deux pistons, vers l'injecteur. Le piston *f* descend et vient buter sur le piston *e*, lequel, continuant sa course ascendante, remonte *f* légèrement. Le piston *f* redescend ensuite avec le piston *e* et vient se poser avec son épaulement sur le haut du cylindre. Le piston *e*, en continuant sa course vers le P. M. B., produit d'abord dans le cylindre une certaine dépression et le cycle recommence.

La pression exercée par le ressort *h* sur le piston de refou-

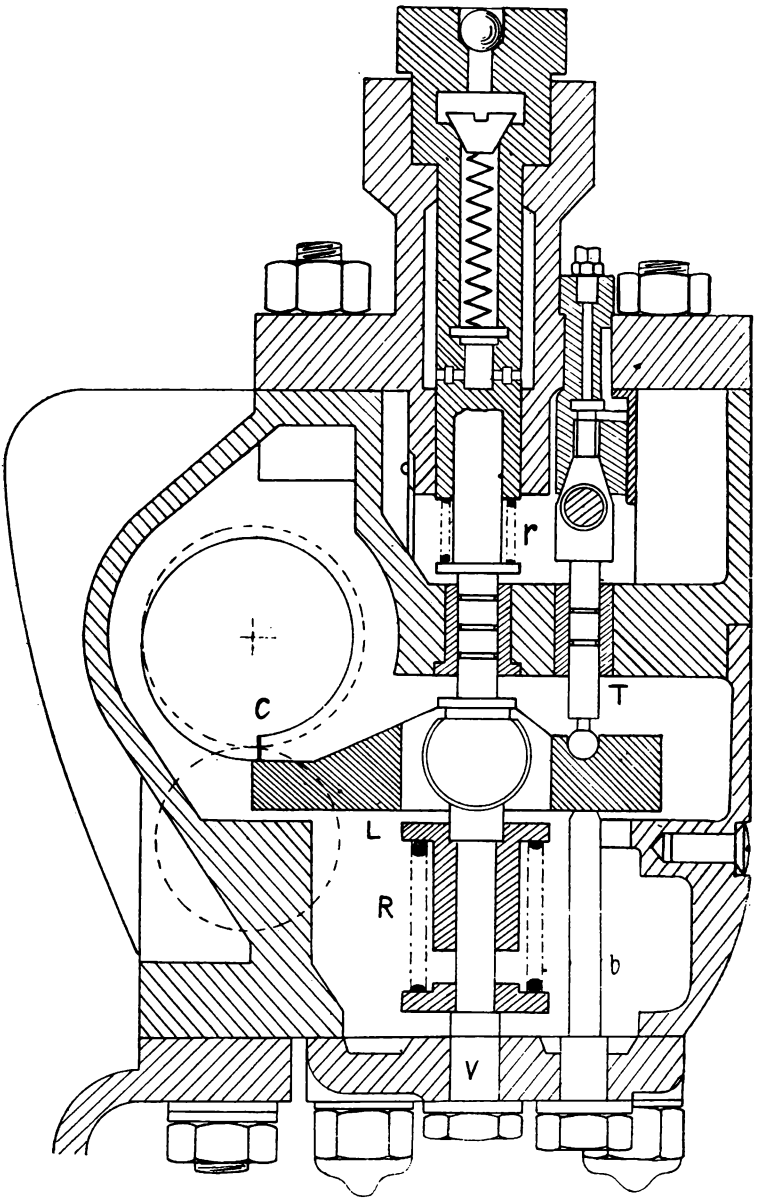


Fig. 123. — Pompe Ganz-Jendrassik.

lement est invariable, quels que soient le régime et le débit. Par contre, la pression du liquide comprimé dans la cloche *g* varie avec la quantité, c'est-à-dire le régime. En effet, la quantité pouvant s'échapper par l'orifice calibré *o* est d'autant plus faible que le moteur et la pompe tournent plus vite. De sorte que la pression de refoulement est plus forte à vive allure qu'à bas régime.

Démontage. — Enlever les goujons de fixation du carter supérieur, qui sert de chambre d'arrivée. Démonter les cloches avec les ressorts et les pistons de refoulement.

Dévisser les vis fixant le plateau intermédiaire; retirer ce plateau avec les cylindres, les pistons inférieurs, les ressorts et les manchons de réglage.

Du carter inférieur, sortir les poussoirs qui se déplacent dans des guides venus de fonderie avec le carter. Enlever l'arbre qui tourne dans deux roulements logés chacun dans un flasque fixé au carter par des vis.

Pompe Ganz-Jendrassik

Fonctionnement. — Considérons le piston de pompe au point mort haut, en fin de course de refoulement (fig. 123). Sous l'action du petit ressort *r* il descend et vient démasquer en fin de course l'orifice d'entrée du combustible. En même temps, la came C bascule le levier L vers le bas jusqu'au moment ou, arrivé au point le plus bas, elle le libère brusquement. Le ressort R repousse alors le levier violemment vers le haut, ce qui détermine la course ascendante du piston et le refoulement du combustible. Le piston remonte d'autant plus haut dans son cylindre et, par conséquent, refoule d'autant plus de combustible, que le point d'appui du levier est plus haut. La position de ce point est commandée par l'intermédiaire de la tige à rotule T. C'est donc à l'aide de celle-ci qu'on règle le débit de la pompe.

Dégroupage. — La pompe a deux compartiments : celui du bas, avec le ressort de refoulement, dont la tension se règle par la vis *v;* le levier et l'arbre à cames. Dans la paroi qui sépare

les deux compartiments sont insérées les douilles de frottement et de guidage du piston et de la tige à rotule. Le cylindre, de même que le dispositif de commande de la tige à rotule sont montés dans le couvercle. On les retire avec le couvercle ainsi que la tige à rotule.

Avec le couvercle inférieur, on enlève le ressort de refoulement et la vis butée *b* du levier.

CHAPITRE XII

VÉRIFICATION ET ESSAI DES POMPES D'INJECTION

L'essai d'une pompe d'injection a pour but de vérifier les points suivants :

a) Le libre fonctionnement et l'étanchéité des pistons;

b) L'étanchéité des clapets;

c) Le début d'injection;

d) Le débit de chaque cylindre comparativement à celui des autres.

On a tout intérêt à utiliser pour ces vérifications un banc d'essai approprié, sans lequel il est difficile de régler les pompes avec précision et rapidité. Notons que cet appareil permet, en outre, de vérifier et de régler les injecteurs, en intercalant un injecteur étalon.

Constitution du banc d'essai. — Ce matériel est dérivé des appareils utilisés dans de nombreux ateliers de mécanique et d'électricité automobile pour le contrôle et la mise au point des démarreurs, dynamos, magnétos, etc. (Fig. 124.)

Sur un socle, robuste et de dimensions appropriées, est fixé un moteur électrique accouplé à un réducteur de vitesse, de façon à pouvoir entraîner la pompe à toutes les vitesses d'utilisation, celles-ci allant en pratique de 100 à 1.900 t. m. Sur le moteur Citroën, par exemple, la pompe fait jusqu'à 1.850 tours (moteur 3.700 t. m.). Le Peugeot atteint 3.250 t. m., soit 1,625 tours pour la pompe. Mais en moyenne, la vitesse de la pompe ne dépasse pas 1.250 t. m.

Le socle est agencé pour recevoir la pompe à essayer, quel qu'en soit la marque et le type. Il est généralement évidé à l'intérieur pour recevoir les épanchements de gasoil se produisant au cours des essais, et comporte en ce cas un robinet d'évacua-

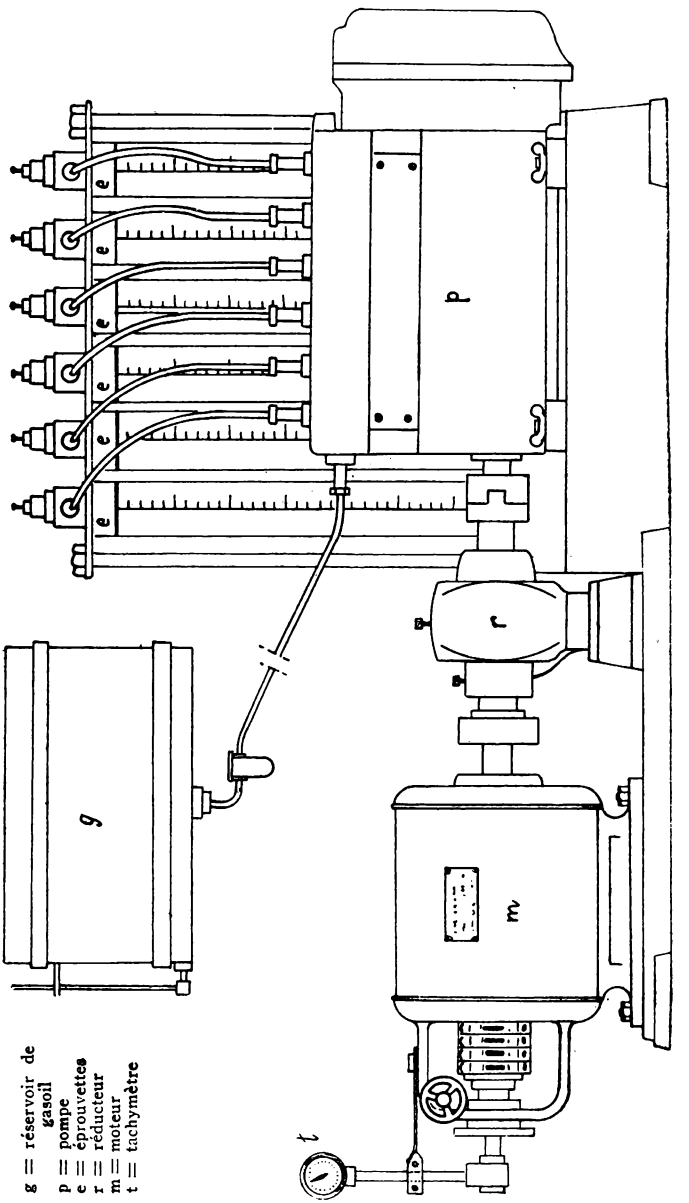


Fig. 124. — Vue schématique d'un banc d'essai.

tion. On a même utilisé le socle comme réservoir de combustible, une pompe refoulant le gasoil dans un second réservoir servant à alimenter la pompe d'injection sous charge. C'est une solution dont nous ne sommes pas partisan, à cause des impuretés dont le gasoil risque de se charger. Puisque la propreté et un filtrage parfait du combustible sont les deux conditions essentielles d'un bon fonctionnement du matériel d'injection, il nous semble normal que lors des essais toutes les précautions soient prises pour mettre le gasoil à l'abri des moindres impuretés.

Au socle est fixé un support pour les éprouvettes, ainsi qu'une rampe dans laquelle on monte les injecteurs dont chacun est relié à la pompe par un tube de refoulement.

L'ensemble est complété par un tachymètre permettant de contrôler la vitesse de rotation, et un compte-tours totalisant d'une façon précise le nombre de tours de l'essai.

L'outillage de la station d'essai doit comprendre en outre plusieurs manomètres : un basse pression gradué jusqu'à 5 kgs environ, pour le contrôle du circuit d'alimentation de la pompe d'injection, un moyenne pression, pour vérifier les cylindres du moteur, un haute pression (500 kgs) pour les pompes et injecteurs, et enfin un vérificateur de dépression.

Des outils spéciaux pour les différents types de pompe, des étaux-supports d'injecteur, ainsi qu'un loupe sont également nécessaires.

Le local qui abrite la station d'essai ne doit pas être considéré comme un atelier de réparation, mais comme un laboratoire, le travail se limitant au contrôle des appareils, la vérification des pièces (rayures, piqûres, etc.), et le remplacement de celles qui sont défectueuses.

Appareil d'essai à main. — Quand on ne dispose pas d'un banc d'essai mécanique, on peut se fabriquer facilement un appareil à main constitué de la façon suivante (fig. 125) :

Sur un socle S, qui peut être en bois, ou en tôle soudée (épaisseur minimum 3 mm.) on fixe le support de la rampe *d* des injecteurs. Cette rampe peut être un fer cornière, fixé à deux fers U, T ou même deux tubes soudés au socle. Les éprouvettes sont à placer sur une plaquette métallique pourvue de

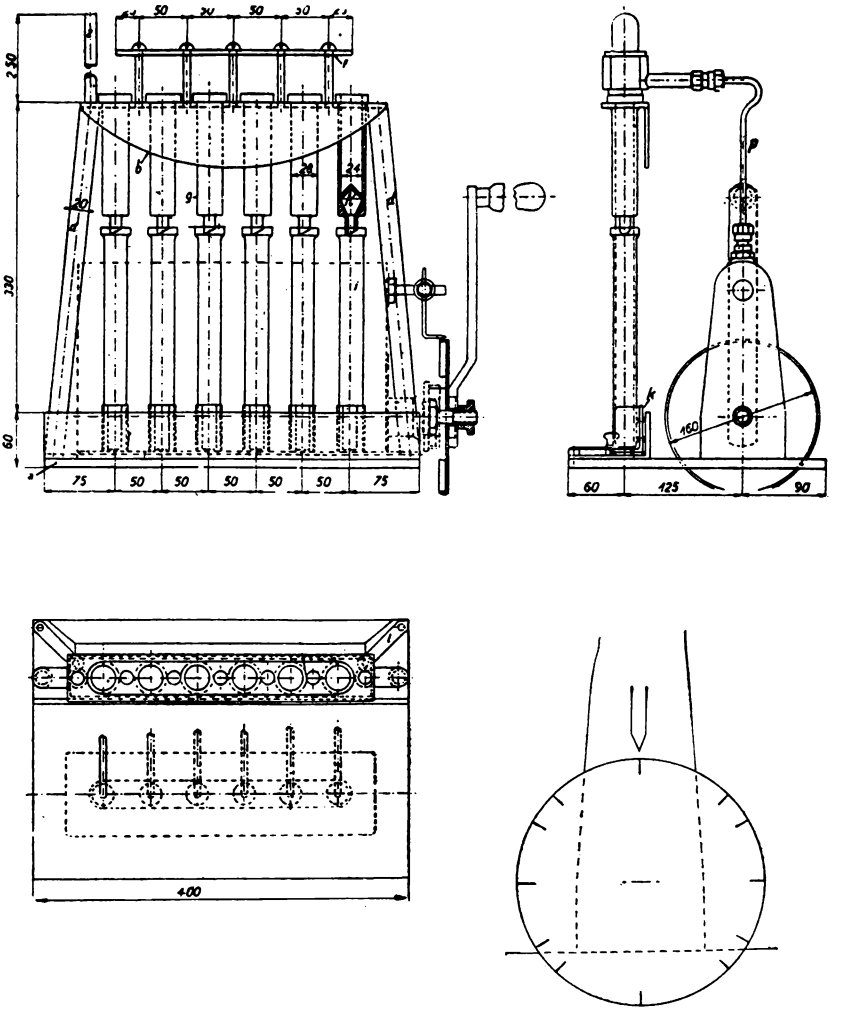


Fig. 125. — Appareil d'essai à main.

petits tubes d'environ 5 cm de haut servant à maintenir les éprouvettes. Cette plaquette est fixée soit par deux vis, soit par deux languettes de ressorts *l*. La planche ci-contre donne un plan coté de l'appareil. Ajoutons que pour éviter les projections et éclaboussures de gasoil, il est prudent de munir la rampe porte-injecteurs de petits tubes dans lesquels s'emboîtent les injecteurs et dont l'extrémité inférieure peut être aménagée en cône inversé, cône contre lequel vient se briser le jet, de sorte que le gasoil peut s'écouler normalement et en totalité dans l'éprouvette.

On actionne la pompe à l'aide d'une manivelle. Sur l'arbre, on peut caler un disque, bloqué avec la manivelle et comportant une graduation comme le montre la figure 125.

Vérification de la pompe. — Que la vérification se fasse au banc d'essai ou à l'aide de l'appareil à main, ou même sur le moteur, il faut en premier lieu procéder à la purge de la pompe et des canalisations. Celles-ci ne sont à purger que dans le dernier cas; pour les deux premières vérifications, les canalisations doivent être démontées. De même les injecteurs sont à régler à la pression de fonctionnement sur le moteur. (Voir chapitre X, réglage de injecteurs, page 123.)

a) **Fonctionnement des pistons.** — Il s'agit ici de vérifier d'une part si les pistons se meuvent librement, sans dur ni coincement, dans toutes les positions angulaires, et si leur étanchéité ne laisse pas à désirer par suite d'une usure ou de rayures.

Les canalisations sont débranchées, et l'on visse un manomètre sur le premier élément de pompe. La crémaillère étant à la position de débit maximum, on actionne plusieurs fois le poussoir à l'aide d'un tournevis ou d'un outil approprié (voir figure 126). Il va de soi qu'avant blocage du manomètre, il faut purger. Si l'on peut atteindre en quelques coups de piston une pression minimum de 250 kgs, on peut considérer le piston en bon état. On peut également vérifier en faisant tourner la pompe au ralenti, 200 t. m. avec piston en position ralenti.

De cette manière, on peut vérifier toutes les pompes, sans même les enlever du moteur. Toutefois, la commande du poussoir peut varier; ainsi, pour certaines pompes Deutz, on engage un mandrin de diamètre approprié dans un alésage que comporte le culbuteur. Dans ces mêmes pompes, l'excédent d'huile et les fuites ne retournent pas dans la chambre d'admission, mais sont évacuées dans un collecteur spécial; on peut donc

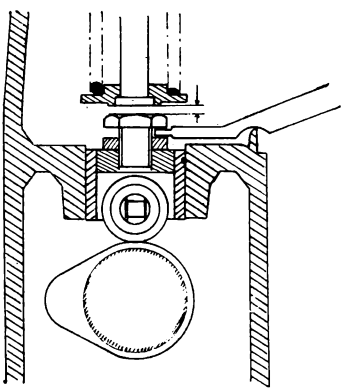


Fig. 126. — Pour vérifier si le piston est bien monté, introduire en « A » une cale de 3 à 5/10e et tourner l'arbre de pompe.

mesurer les fuites avec précision, pour chaque piston, en actionnant plusieurs fois de suite le culbuteur; les fuites sont recueillies dans une éprouvette. Cet essai doit être fait également en position plein débit.

b) **Vérification des clapets.** — Toutes les pompes ont au moins un clapet de refoulement; certaines sont également pourvues d'un clapet d'aspiration.

Pour se rendre compte de l'étanchéité du clapet de refoulement, notamment dans les pompes P. M. et Lavalette, on mesure le temps nécessaire pour que la pression relevée précédemment au manomètre, tombe à un chiffre déterminé. Si la pression ne baisse pas de plus de 20 kgs en dix secondes, on peut considérer l'étanchéité comme suffisante. En effet, si le moteur tourne à 2.000 t. m., la course de refoulement dure 1/32 de seconde; en ce temps, la pression pourrait baisser tout au plus de 65 gr., ce qui est négligeable, comparé à la pression

d'injection qui est au moins de 70 kgs. Les clapets Lavalette-Bosch (coniques), Deutz (plats), Ganz-Jendrassik (conique), Deckel (conique) peuvent être rodés sur leur siège, après un bon nettoyage, si les fuites ne sont pas trop importantes. Pour ce rodage, on ne doit pas utiliser d'abrasifs, mais une pâte de rodage constituée par un mélange d'huile et de fleur de soufre ou de blanc de Meudon. S'il y a des fissures ou des rayures profondes, il faut changer les pièces.

Quant aux clapets à billes, il vaut mieux les changer s'ils fuient. En cas de remplacement, il est indiqué de changer toutes les pièces, y compris le ressort.

Le clapet de refoulement étant démonté, on peut également vérifier l'étanchéité du piston, en maintenant celui-ci à son P. M. H., et en mesurant le temps que dure la baisse de pression jusqu'à un chiffre déterminé. Cette baisse peut être un peu plus rapide que pour le clapet de refoulement, à cause du jeu du piston.

L'essai du clapet d'aspiration peut s'effectuer de la façon suivante : à la place du manomètre vissé sur le raccord de refoulement, on visse un bouchon et on actionne le piston pour remplir le cylindre. On essaie ensuite de repousser le piston. Si le clapet est étanche,, il est impossible de déplacer le piston.

Parmi les pompes munies d'un clapet d'aspiration, citons notamment Deutz et Deckel.

c) **Réglage du début d'injection.** — Les injections doivent se suivre exactement avec le décalage des cames ou des excentriques de l'arbre de commande. Ce décalage est le suivant :

Deux cylindres	180°
Trois cylindres	120°
Quatre cylindres	90°
Cinq cylindres	72°
Six cylindres	60°
Sept cylindres	51°4
Huit cylindres	45°

Pour régler le début d'injection, il est préférable que la pompe soit enlevée du moteur, à moins que celui-ci soit sur support de réparation ou sur le banc d'essai. En ce cas, on compte sur

le volant du moteur, s'il s'agit d'un quatre temps, des arcs doubles de ceux que nous avons indiqués ci-dessus.

Pour faire le réglage, on débranche tous les tuyaux d'injection ou de refoulement, de façon à apercevoir le niveau dans les raccords. Sur l'arbre de la pompe, on fixe un disque gradué à :

60 - 90 - 120 - 180 - 240 - 270 - 300 - 360°,

ce qui permet de l'utiliser pour les pompes de moteurs à quatre et à six cylindres, qui sont les plus répandus. A l'aide de l'écrou-bouchon fermant d'un côté la chambre d'admission, on fixe à la pompe un index. On tourne le disque de manière à ce que le zéro se trouve exactement en regard de l'index, au moment précis où le niveau du gasoil commence à monter dans le raccord du premier cylindre. S'il s'agit d'un quatre cylindres, avec l'ordre d'injection 1-3-4-2, le niveau dans le raccord du cylindre N° 3 doit commencer à monter quand la graduation 90° se trouve devant l'index. Si le niveau monte plus tôt, c'est que le piston obture trop tôt l'orifice d'entrée, parce qu'il est placé trop haut; il convient donc de le descendre. A cet effet, on visse la vis de réglage du poussoir à droite de la quantité voulue. Si au contraire le niveau ne commence à monter qu'après le passage de la graduation 90° devant l'index, le piston est trop bas; il faut le remonter en dévissant la vis de réglage (tourner à gauche).

En réglant le début d'injection, il faut faire attention à ne pas trop remonter le piston, pour éviter qu'il ne bute contre le clapet de refoulement (P. M., Lavalette-Bosch) ou le fond du cylindre (Deutz). Il importe, au contraire qu'il y ait un certain jeu à fond de course, ce qu'on peut vérifier en introduisant une cale d'au moins 0,3 mm. entre poussoir et piston. Si le jeu est inférieur à l'épaisseur de la cale, le piston bute et on pourra difficilement tourner l'arbre. En ce cas, il faut refaire le réglage en prenant comme point de départ le cylindre dont le piston a le moins de jeu au P. M. H. Tourner le disque gradué pour amener le zéro devant l'index quand le niveau de ce cylindre commence à monter. Régler ensuite les autres cylindres.

Le mode de réglage que nous venons de préconiser ne convient pas pour tous les cas, car les pompes ne sont pas toutes pourvues de vis de réglage. C'est, par exemple, le cas des pompes P. M. dont le poussoir attaque le piston par l'intermédiaire

d'un grain. Sauf en cas d'usure d'une pièce, les injections se suivent exactement à 90° ou 60°, suivant qu'il y a quatre ou six cylindres. Le réglage est automatique.

On sait que certaines pompes de cette marque ont des pistons avec l'arête supérieure du piston inclinée (fig. 127), ce qui a pour effet de varier automatiquement le début d'injection en fonction du débit.

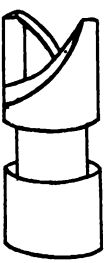


Fig. 127. — Piston PM « Auto-Avance ».

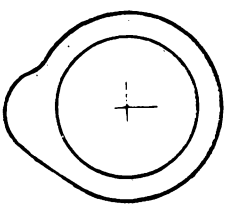


Fig. 128. — Came Deckel à attaque rapide.

Dans le cas où les injections ne se suivent pas à intervalles réguliers, le mécanicien pourrait être tenté d'y remédier en tournant les pistons légèrement à gauche ou à droite, suivant que l'injection commence trop tôt ou trop tard. Nous mettons en garde contre cette façon de faire, car on diminue ou l'on augmente en même temps le débit des cylindres correspondants. Dans ces pompes, on règle le débit, comme nous l'expliquons au paragraphe suivant, et si l'on constate des écarts quant au début de l'injection, il faut examiner soigneusement les pièces et remplacer celles qui sont usées.

Quant aux pompes avec clapet d'aspiration (Deutz, Deckel, etc.), où le cylindre ne comporte pas de lumières d'entrée, l'injection commence invariablement avec le début de la course foulante du piston. Aussi le flanc d'attaque de la came est-il calculé pour donner une course très rapide dès le début. (Voir fig. 128.)

La pompe C. L. M. se règle de la même façon que la pompe Lavalette-Bosch, en ce qui concerne le début de l'injection. Le culbuteur comporte un vis de réglage analogue avec contre-écrou.

d) **Vérification du débit des différents cylindres.** — Ici encore, il convient de distinguer entre les différents types de pompes. La vérification se fait à l'aide d'un appareil d'essai, à main ou mécanique. Les injecteurs sont à régler au préalable à la pression de fonctionnement sur le moteur.

Il va de soi que pour une position déterminée de la crémaillère, tous les pistons doivent refouler la même quantité de combustible, afin que tous les cylindres reçoivent la même charge. La pompe étant fixée sur l'appareil d'essai, on raccorde les tubes d'injection et on purge. On fait tourner ensuite la pompe pendant un certain temps, les injecteurs débitant dans les éprouvettes. La pompe débitant à chaque tour dans chaque cylindre, on peut par exemple faire 500 tours, à une vitesse de 150 t. m. qu'on peut atteindre avec un appareil à main. Un banc d'essai mécanique permet naturellement de vérifier le débit pour tous les régimes du moteur, de 100 à 1.800 t. m. de la pompe. Le compte-tours permet d'arrêter au moment voulu. On relève la quantité de gasoil recueillie dans chaque éprouvette, cette quantité se lisant directement en cm^3 grâce à la graduation. En convertissant en mm^3, et en divisant par le nombre de tours effectués, on détermine pour chaque cylindre la quantité refoulée à chaque course. On peut connaître ainsi les écarts d'un cylindre à l'autre.

Des vérifications comparatives effectuées avec l'appareil à main et le banc d'essai mécanique ont donné des résultats sensiblement identiques; l'écart moyen entre les mesures relevées avec les deux appareils est de l'ordre de 1 %, c'est-à-dire moins que les variations normales de débit qu'on peut constater en pratique, d'un cylindre à l'autre.

Un autre procédé, encore plus simple, et qui permet au surplus de vérifier le début d'injection avec le maximum de précision, consiste dans l'emploi d'un petit tube en verre gradué et étalonné. La capacité du tube, entre les deux divisions extrêmes, est de 1 cm^3, soit 1.000 mm^3. Tous les 100 mm^3 est marqué un trait, d'autres subdivisions peuvent être prévues. On relie le tube de verre à un petit raccord métallique à cône, à l'aide d'un manchon en caoutchouc, et on le fixe à la pompe comme le

montre la figure 129. Si l'on ne dispose que d'un tube, on vérifie un cylindre après l'autre, en actionnant le poussoir à l'aide d'un tournevis ou d'un mandrin (pompe Deutz), après avoir purgé au préalable la pompe. La came de l'élément correspondant doit être dirigée vers le bas, bien entendu ; la crémaillère est à mettre à la position plein débit. On actionne le poussoir lentement pour amener le gasoil exactement à hauteur de la marque « zéro ». On laisse ensuite redescendre le piston et on actionne à nouveau le poussoir plusieurs fois à fond, par exemple huit courses en quatre secondes. On relève la hauteur atteinte par le liquide dans le tube, et on la note, ainsi que le numéro du cylindre.

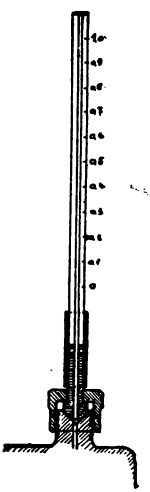


Fig. 129. Verre de contrôle.

On enlève le tube pour le souffler à l'air comprimé, et on contrôle ensuite de la même façon tous les autres cylindres.

Si l'on dispose d'un nombre de tubes suffisant, on peut vérifier tous les cylindres ensemble, en actionnant la pompe à l'aide de la manivelle, après avoir fait monter l'huile jusqu'au zéro, dans chaque tube, en se servant du poussoir. Cette vérification permet de contrôler en même temps le début de l'injection dans chaque cylindre. Il faut pour cela monter le disque gradué sur l'arbre de pompe.

Si le débit n'est pas le même pour tous les cylindres, il faut l'égaliser. Supposons qu'avec une pompe quatre cylindres nous obtenions les chiffres suivants :

1er cylindre	194	mm³
2e cylindre	205	mm³
3e cylindre	198	mm³
4e cylindre	206	mm³

On peut régler tous les pistons pour un débit moyen, soit 201 mm³, en modifiant le débit de tous les cylindres, ou encore prendre comme base le plus fort ou le plus faible ; en ce cas, il n'y a que trois cylindres à régler. L'essentiel est que pour une

position déterminée de la crémaillère ou de la tige de réglage, tous les éléments de pompe aient rigoureusement le même débit.

Réglage du débit. — Pour varier le débit à une position donnée de la crémaillère, on modifie, selon le type de pompe, la position angulaire ou la position axiale du piston. Le mode de réglage diffère, en effet, suivant que la pompe comporte ou non un clapet d'admission.

1° **Pompes sans clapet d'admission.** — Le gasoil entre dans le cylindre dès que l'arête supérieure du piston dégage l'orifice d'entrée, peu importe que cette arête soit horizontale ou oblique. Le piston, à son point mort bas, se trouve au-dessous de l'orifice d'entrée; l'obturation n'a lieu qu'après une partie de la course ascendante du piston. A ce moment commence le refoulement qui dure jusqu'au moment ou l'arête supérieure de l'entaille découvre à nouveau l'admission. La quantité de combustible refoulé, c'est-à-dire le débit, est donc proportionnel à la distance entre l'arête supérieure du piston et l'arête supérieure de son entaille, moins le diamètre du trou, cette distance étant mesurée sur la génératrice qui se trouve devant l'orifice. Il suffit donc, pour égaliser le débit, de donner à tous les pistons la position angulaire voulue. Il est à noter, que le débit doit être réglé après le réglage du début d'injection. Si l'on faisait le contraire, on modifierait à nouveau le débit, en réglant le moment ou commence l'injection.

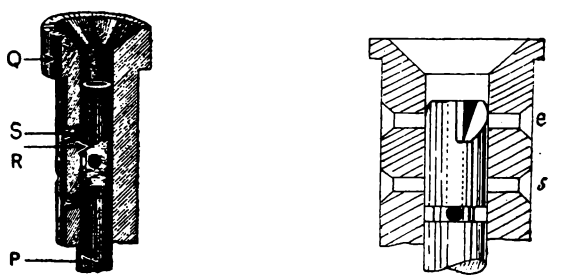
Pompe Lavalette. — Desserrer la vis de blocage du secteur denté sur le manchon; tourner le piston à droite (sens de rotation des aiguilles d'une montre) pour augmenter, et à gauche pour diminuer le débit. Rebloquer le secteur. (Arête inclinée à gauche.)

Pompe P. M. — Suivant le type, on procède d'une des manières suivantes :

a) Desserrer la vis de blocage du secteur denté et tourner le piston dans le sens voulu. (Voir ci-dessus.)

b) Desserrer les vis de pincement du manchon denté sur la tige de réglage; glisser ce manchon à droite ou à gauche, suivant le sens des arêtes.

Nous avons attiré déjà plus haut l'attention sur le fait que dans les pompes à début d'injection variable (type Auto-Avance) de cette marque, le début d'injection varie avec le débit. Il faut donc, qu'une fois le débit égalisé, les débuts d'injection se suivent également à 90° ou 60°, pour pompe de quatre ou six cylindres. Si, à débit égal, on relevait des intervalles ou plutôt des arcs de rotation différents, il y aurait lieu de changer la position axiale du piston, ou de le remplacer avec son cylindre.



a) piston C L M *b*) piston Junkers

Fig. 130

Pompe C. L. M. — Bien que cette pompe diffère des précédentes par l'agencement du piston (percé dans l'axe) et du cylindre (un orifice d'entrée et un orifice de retour de l'excédent) le débit se règle également par la rotation du piston. Le refoulement commence toujours à la même position axiale du piston, c'est-à-dire lorsque le bord inférieur de la gorge circulaire couvre l'orifice d'entrée A. Il cesse quand l'arête supérieure oblique découvre l'orifice de retour S. On tourne donc le piston à droite pour augmenter le débit, et à gauche pour le diminuer (fig. 130 *a*). La figure 130 *b* montre un piston de pompe Junkers avec début d'injection variable en fonction du débit.

Pompe Timken. — La tige de réglage de cette pompe comporte autant de petites crémaillères qu'elle a de cylindres. Chaque crémaillère peut être déplacée par rapport à la tige; ce déplacement entraînant une rotation correspondante du piston. La position de chaque crémaillère sur la tige est déterminée par deux petites vis pointeaux. (Fig. 131.)

On augmente le débit, en dévissant la vis à gauche, et en vissant celle de droite. On diminue en faisant le contraire.

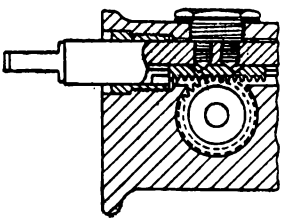


Fig. 131. — Tige de réglage de la pompe Timken.

2° **Pompes à clapets d'aspiration.** — Dans ces pompes, le débit est fonction de la distance entre l'orifice de retour dans la paroi du cylindre et l'arête supérieure oblique de l'entaille. Le refoulement cesse quand cette dernière découvre l'orifice de retour de l'excédent. Pour une même position angulaire du piston, on peut donc varier le débit en modifiant la position axiale du piston, c'est-à-dire en faisant entrer celui-ci plus ou moins dans le cylindre. Voici un exemple de réglage de ces pompes :

Pompe Deutz. — On tourne la vis de réglage dans le culbuteur (même système que le réglage des soupapes en tête d'un moteur). En tournant la vis à droite, on diminue le débit ; en tournant à gauche, on l'augmente. (Rappelons ici, à titre de comparaison, que la vis de réglage des pompes Lavalette. par exemple, sert à régler, non pas le débit, mais le début d'injection.)

L'égalisation des débits ne doit être effectuée que dans le cas où les écarts entre les différents éléments de pompe sont faibles. Si un élément accuse un écart très important par rapport aux autres, il faut en chercher la cause, car en faisant disparaître l'écart par le réglage de position du piston, on risque d'aggraver le mal.

Prenons, par exemple, une pompe dont on règle le débit par la position axiale du piston. Supposons qu'un des pistons, pour une cause quelconque (usure de l'extrémité ou du poussoir, par exemple) puisse descendre plus bas que les autres. Il refoulera davantage que ceux-ci puisque, bien qu'ayant la même course et

le même début d'injection que les autres, il découvre, plus tard, l'orifice de retour de l'excédent. Le mécanicien pourrait être tenté, en pareil cas, de tourner le piston à gauche pour réduire le débit de cet élément. Il amènerait ainsi devant l'orifice de retour une génératrice sur laquelle la distance entre l'arête supérieure du piston et l'arête oblique de l'entaille, c'est-à-dire la distance A B, serait plus faible que pour les autres pistons. (Fig. 132.) On aurait dans les deux cas la même course utile A B, mais ce piston se trouverait plus près de la position débit nul que les autres, et pour une position donnée de la

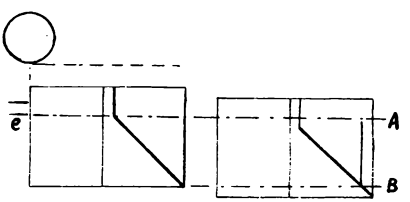


Fig. 132. — Graphique montrant la position de la génératrice A-B de « plein débit » suivant la hauteur du piston.

tige de réglage, il pourrait être sur le débit nul, tandis que les autres éléments de la pompe continueraient à débiter. De sorte qu'au ralenti, le cylindre correspondant du moteur ne donnerait pas.

Aussi, dans la pompe Deutz, par exemple, ne peut-on pas agir sur la position angulaire du piston, celui-ci étant solidaire de sa manivelle engagée dans une entaille de la tige de réglage.

De même dans une pompe où l'on règle le débit par rotation du piston, il ne faut pas essayer de rattraper de gros écarts par ce moyen, car on risquerait, ici également, d'amener ce piston prématurément au débit nul.

D'une manière générale, les corrections à faire sont assez faible; en outre, les positions des pistons correspondant à la régulation du moteur (limites supérieure et inférieure du régime de

rotation du moteur) sont assez éloignées des positions extrêmes (débit nul et débit maximum) pour qu'on ne risque pas de faire boiter le moteur. D'autre part, — il convient de le rappeler — toutes les opérations de réglage doivent être faites avec la tige de réglage (ou crémaillère) à la position pleine charge.

CHAPITRE XIII

RÉGLAGE DE LA DISTRIBUTION

Logiquement, et pour éviter les pertes de temps, on doit repérer les pièces avant démontage, ainsi que nous l'avons déjà conseillé. Mais le mécanicien peut être appelé à remonter des pièces non repérées. Examinons les différentes opérations à faire en pareil cas.

Recherche et vérification des points morts d'un moteur démonté. — Le moteur étant placé sur le support de réparation, carter en bas et culasse enlevée, on amène le piston du premier cylindre à environ 30 mm. du point mort haut. Sur le plan de joint du groupe, on place un jauge de profondeur en interposant le cas échéant, deux réglettes, si l'alésage est supérieur à la longueur de la semelle de la jauge. (Voir figure 133.) Régler la jauge à la hauteur exacte du piston, en tenant compte de la forme de ce dernier. Cette forme est souvent irrégulière et peut présenter des cavités ou des bossages. Il est absolumnet indispensable de faire attention à ce détail, afin de pouvoir replacer la jauge exactement au-dessus du même point du piston, comme nous allons le voir plus loin. Sur le volant, on marque un point A en regard de l'index ou du repère dont est pourvu le carter de volant.

S'il n'y a pas de marque sur le carter — cas peu probable, — il est facile d'en tracer une, en prenant soin qu'elle se trouve bien verticalement au-dessus de l'axe du vilebrequin. Placer le moteur de façon que le plan de joint soit à peu près horizontal. Poser dessus un trusquin auquel on aura accroché un fil à plomb qui devra se trouver dans le même plan vertical que l'axe du vilebrequin, c'est-à-dire le centre du volant. A l'endroit où le fil passe devant le carter, marquer un coup de pointeau ou un trait

de lime. On aura une précision assez grande, puisqu'un millimètre d'écart, pour un rayon de 150 mm, ne représente que 0,4 degrés.

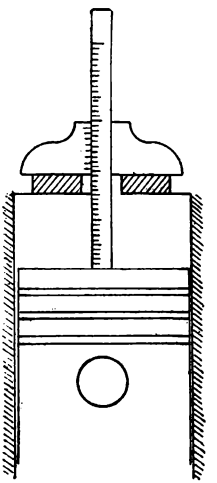


Fig. 133. — Jauge de profondeur pour déterminer le point mort haut (PMH).

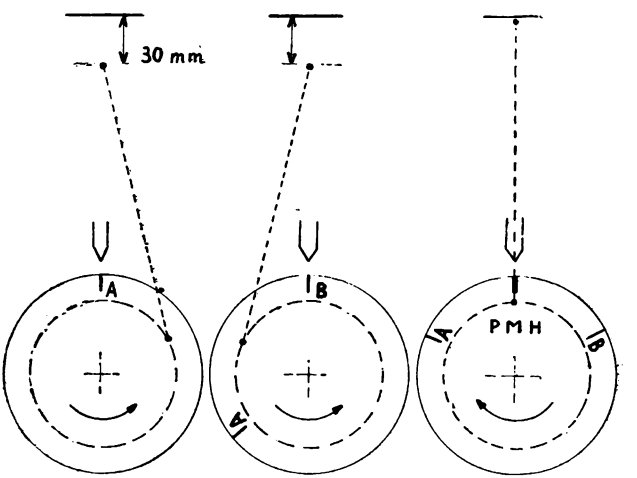


Fig. 134. — Repérage du P M H sur le volant.

Apres avoir marqué le point A sur le volant, on enlève la jauge de profondeur sans la dérégler, on tourne le volant de façon à ce que le piston passe d'abord par le P. M. H. et redescende ensuite jusqu'à la même hauteur que précédemment, ce

qu'on vérifie à l'aide de la jauge. On marque sur le volant un autre point, B. Entre les deux points A et B, on marque, à mi-distance, un trait qui correspond au P. M. H. du piston. Diamétralement opposé à ce point, on marque le repère du P. M. B. (Fig 134.)

On peut vérifier, à l'aide d'un comparateur placé sur le cylindre : au moment où le repère P.M. H. passe devant la marque sur le carter, l'aiguille de la montre doit revenir en arrière, la touche mobile portant contre le piston.

Une fois les points morts ainsi déterminés et vérifiés, on peut marquer les repères de la distribution. Si on a les cotes en degrés, on les convertit au préalable en millimètres sur la jante, à l'aide de la formule.

$$j = \alpha \times D \times 0{,}0087$$

α étant l'angle en degrés et D le diamètre du volant.

Attention. — Les marques sont à porter comme suit :

En haut : A O A, à gauche du repère P M H, en regardant le volant;

Avance à l'injection, à gauche du repère P M H;

R F E, à droite du repère P M H.

En bas : R F A, à gauche du repère P M B;

A O E, à droite du repère P M B. (Voir également figure 5.)

Emploi du disque gradué. — Le disque gradué (fig. 135), qu'on fixe au volant, permet le réglage du moteur directement en degrés, sans conversion en millimètres. Le carter étant pourvu d'une boutonnière dans laquelle peut coulisser un index mobile, on tourne le moteur dans le sens normal de rotation pour amener le premier piston à proximité du P. M. H. On fixe le disque de telle sorte que le zéro se trouve en regard de l'index. On fait passer le piston au P.M.H. et on continue à tourner, toujours dans le même sens, jusqu'à ce que le piston soit descendu d'environ un quart ou un tiers de sa course. On arrête à cette position et on relève la hauteur à l'aide de la jauge de profondeur. On note également le degré du disque qui se trouve à ce moment devant l'index. Supposons que ce soit 284. On continue la rotation en passant par le P.M.B. et on remonte le piston à la hauteur où il était, ce qu'on vérifie avec

la jauge. On note le degré qui se trouve maintenant devant l'index, par exemple 108.

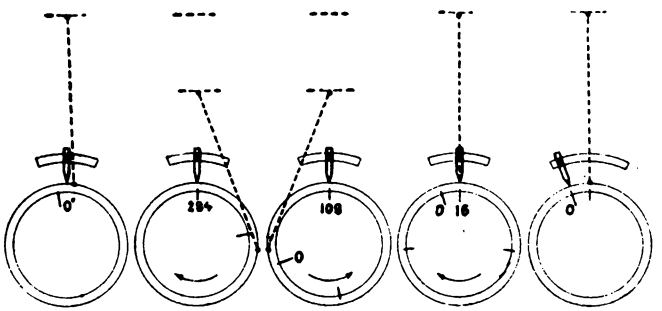


Fig. 135. — Calage à l'aide du disque gradué.

Le P.M.H. se trouve au milieu de l'arc compris entre les degrés 284 et 108. Cet arc est égal à :

$$360 - 284 + 108 = 184$$

et le milieu se trouve à 92° des deux points extrêmes, c'est-à-dire au degré 16, puisque :

$$284 + 92 = 360 + 16 \text{ et}$$

$$360 + 108 - 92 = 360 + 16$$

On amène le degré 16 devant l'index et on déplace celui-ci jusqu'au zéro du disque (le zéro coïncide avec 360). On peut alors caler en lisant directement les degrés sur le disque.

Moteur désaxé. — Dans un moteur non désaxé, le vilebrequin et les cylindres ont leur axe dans le même plan vertical. Quand le piston est à un point mort, le centre du vilebrequin, les deux points morts et la bielle se trouvent rigoureusement sur une même ligne.

Mais le vilebrequin est parfois déporté vers le côté opposé au sens de rotation, c'est-à-dire vers la gauche si le moteur tourne à droite. Ceci afin de diminuer la réaction latérale (poussée du piston contre la paroi gauche du cylindre) et d'augmenter la force utile sur le maneton, force dirigée suivant l'axe de la bielle.

Avec cette disposition, la course du piston est plus longue que le diamètre de giration du maneton.

Lorsque le maneton est au point mort haut, la distance du piston au vilebrequin est inférieure à $b + r$, b étant la longueur de la bielle et r le rayon du maneton. A partir de ce moment cette distance croit jusqu'à égaler $b + r$, lorsque la bielle et le maneton sont alignés. Le maneton a donc amorcé sa descente quand le piston atteint le point mort haut.

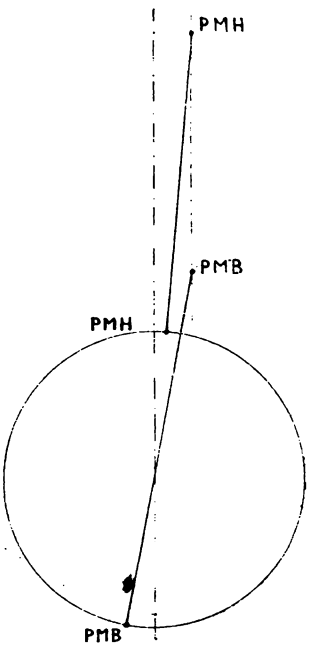


Fig. 136. — Points morts du moteur désaxé.

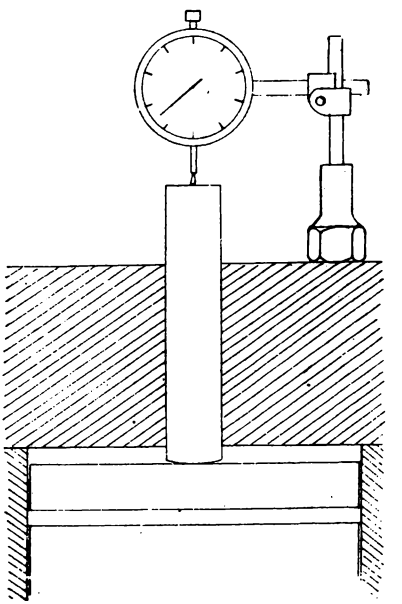


Fig. 137. — Emploi du comparateur et d'une pige.

Au point mort bas du maneton, la distance entre piston et vilebrequin est supérieure à $b - r$. A partir de ce moment elle diminue jusqu'à égaler $b - r$, de sorte que là le maneton a commencé à remonter quand le piston arrive à son point mort bas.

Enfin, les points morts haut et bas du maneton ne sont pas diamétralement opposés et l'angle de rotation en descente c'est-à-dire du point mort haut au point mort bas est plus grand que l'angle en montée.

Recherche des points morts d'un moteur sur châssis. — Plusieurs cas peuvent se présenter :

a) le moteur est à injection directe;

b) le moteur est du type à antichambre;

c) le moteur n'a pas de regard sur le carter et le volant est inaccessible.

Moteur à injection directe. — L'injecteur est placé verticalement. On retire celui du premier cylindre et on monte à la place une pige mobile graduée et guidée pour qu'elle ne puisse pas prendre de position oblique. Il est bon de fixer sur la culasse un support portant une montre-comparateur contre la touche mobile de laquelle viendra buter la pige. (Fig. 137.)

Si le volant est accessible (boîte de vitesse et embrayage enlevés) on marque les repères ou, s'il en existe, on les contrôle comme il a été précisé plus haut. Il est vrai qu'on procède rarement à un recalage de la distribution sans que le moteur ait été démonté au préalable; mais on est parfois obligé de vérifier très soigneusement le calage d'un moteur qui a été mal calé.

Pour être sûr que la pige porte toujours sur le même point du piston, on a intérêt à munir son extrémité inférieure d'une plaquette d'un diamètre juste assez petit pour pouvoir passer dans le trou d'injecteur; la pige même peut avoir 10 mm et coulisser dans une bague de dimensions appropriées montées à la place de l'injecteur.

Comme moteur ayant l'injecteur placé au centre de la culasse, citons Bernard, Delahaye, Latil, Panhard, Renault, Saurer, sur lesquels l'emploi de la pige ne présente pas la moindre difficulté.

Mais il peut circuler en France des véhicules dont les moteurs ont des injecteurs placés obliquement, comme c'est le cas pour Fiat, par exemple. Le piston n'étant pas à fond plat, on ne peut employer ni la pige droite, ni la pige coudée, dont les déplacements sont indiqués sur un secteur gradué. On est obligé, en ce cas, d'enlever la culasse. Par contre, certains moteurs avec injecteurs horizontaux permettent l'emploi de la pige coudée. C'est le cas, par exemple, pour différents modèles Hesselmann.

Moteurs à antichambre. — L'injecteur ne débouche jamais dans le cylindre, mais dans ou devant l'antichambre ; quelle que soit la disposition de celle-ci, l'emploi de la pige est impossible. On retire dans ce cas la dernière culasse (les culasses des moteur à huile lourde sont généralement séparées, ou groupées par deux ou trois, rarement plus, sauf pour les petits moteurs) et l'on détermine les points morts comme nous l'avons expliqué.

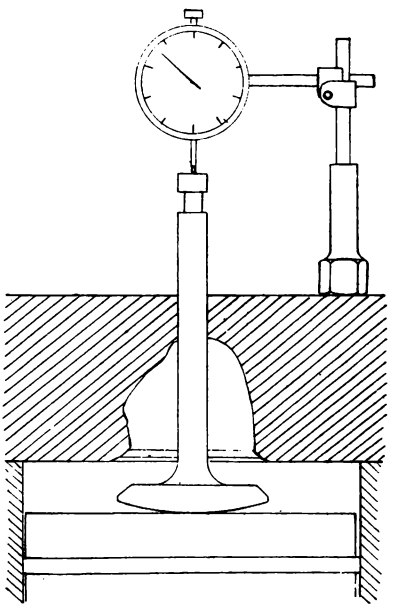


Fig. 138. — Emploi du comparateur et d'une soupape.

Un procédé simple et pratique, et que nous recommandons pour tous les cas où l'on peut l'appliquer est préconisé par certains constructeurs, notamment Citroën : l'espace au-dessus du piston au P. M. H. étant très faible, on se sert d'une soupape comme pige. A cet effet, on libère la soupape de son ressort et du culbuteur, le piston étant au voisinage du P. M. H., on laisse descendre la soupape sur le piston, et on tourne le vilebrequin pour monter le piston aussi haut que possible, en suivant la montée de la soupape dont la tige doit buter contre la touche d'un comparateur fixé sur la culasse. (Fig. 138.) On peut déterminer le P. M. H. de cette façon avec le maximum de précision.

Moteur sans regard sur carter-volant et volant inaccessible. — Ce peut être le cas d'un moteur repéré uniquement sur les pignons de distribution, ou d'un moteur dont l'embrayage et la boîte ne sont pas démontés. On retire le couvercle de distribution, opération qui est souvent moins longue que la dépose de la boîte, laquelle exige le désaccouplage de la transmission.

On détermine ensuite le P. M. H. par un des procédés exposés, et on marque les repères sur les pignons et le carter de distribution, dans le cas où il n'y a pas de repères.

Réglage de la distribution. — Les points morts étant marqués et les cotes de distribution étant connues — nous envisageons le cas d'un repérage imprécis ou d'une absence totale de repères — on procède au réglage du jeu des soupapes, ou plutôt de la soupape sur laquelle on se base pour le calage, à moins qu'il n'y ait deux arbres à cames.

En ce qui concerne le jeu des soupapes, il convient de distinguer entre le jeu théorique ou jeu de calage et le jeu de marche ou jeu définitif qui est généralement plus faible. On sait que ce jeu est prévu pour permettre le libre allongement des tiges et des soupapes pendant la marche, allongement qui est dû à la dilatation du métal. Le jeu varie d'un moteur à l'autre, suivant la disposition des soupapes, le métal du groupe, le régime normal du moteur et autres facteurs. Pour nous rendre compte du rôle important du jeu, examinons deux cas extrêmes

1° Si nous montons sans aucun jeu à froid, l'allongement des queues de soupapes et des tiges de culbuteurs, quand le moteur est chaud, a pour effet de maintenir la soupape ouverte, puisqu'à l'extrémité opposée elle bute contre le poussoir ou le culbuteur. Résultat : fuites de gaz, manque de compression, détérioration prématurée des soupapes et des sièges, et mauvais rendement du moteur.

2° Si le jeu est trop grand, la soupape, abandonnée trop tôt, est ramenée violemment sur son siège par le ressort de rappel. Ce martelage qui se manifeste à l'oreille par le « bruit des poussoirs » bien connus, provoque également une usure prématurée, en plus du fait que les durées d'ouverture trop courtes ne per-

mettent ni un remplissage suffisant de la cylindrée, ni une évacuation satisfaisante des gaz brûlés.

Il y a entre le jeu des soupapes et la durée d'ouverture un rapport étroit que le schéma 139 illustre clairement. La figure de droite montre la levée avec un jeu que nous avons exagéré à dessein. On remarque que la levée commence d'autant plus tard et la fermeture se produit d'autant plus tôt, que le jeu est plus grand. Ceci s'explique par le fait qu'en augmentant le jeu, on diminue la longueur d'arc, sur laquelle le bossage appuie le poussoir contre la soupape. Comme l'arbre à cames tourne à demi-

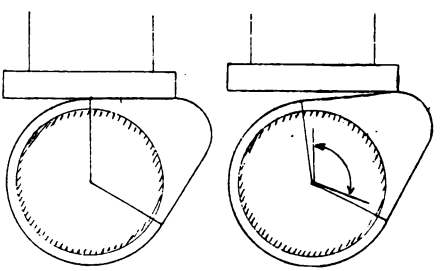


Fig. 139. — Position de la came, au moment de l'attaque, suivant le jeu.

vitesse du vilebrequin cet arc doit être égal à la moitié du déplacement angulaire du vilebrequin ou du volant. Ainsi pour une AOA de 10° et un RFA de 40°, l'action de la came sur la soupape doit s'exercer sur un arc de :

$$\frac{10 + 180 + 40}{2} = 115°$$

Prenons par exemple un moteur qui, réglé avec 0,4 mm au poussoir, donne les ouvertures suivantes :

Ouverture d'admission P. M. H.; fermeture, retard 40°; durée de l'admission, 220°; ouverture d'échappement, avance, 40°; fermeture, P. M. H.; durée, 220°.

En ramenant le jeu à 0,2 mm, nous obtenons les chiffres suivants :

Admission : AO 10°, RF 50°, durée 240°.

Echappement : AO 50°, RF 10°, durée 240°.

Non seulement les deux soupapes sont ouvertes plus longtemps, mais l'admission et l'échappement se croisent sur 20°, alors qu'avec un jeu de 0,4 mm, l'admission ouvre au moment où l'échappement ferme. Ces chiffres montrent clairement les perturbations qu'un jeu aux soupapes incorrect peut occasionner dans la distribution.

Le jeu de calage indiqué par certains constructeurs est plus grand que le jeu définitif. Ceci a pour but d'assurer pendant la marche à chaud et en charge une durée d'ouverture, et par conséquent une alimentation en air frais et une évacuation des gaz brûlés suffisantes. En effet, en ramenant, après calage, le jeu à la valeur normale préconisée par le constructeur, on obtient une première augmentation de la durée d'ouverture. Cette durée continuera d'augmenter à mesure que le jeu diminuera, par suite de la dilatation des pièces.

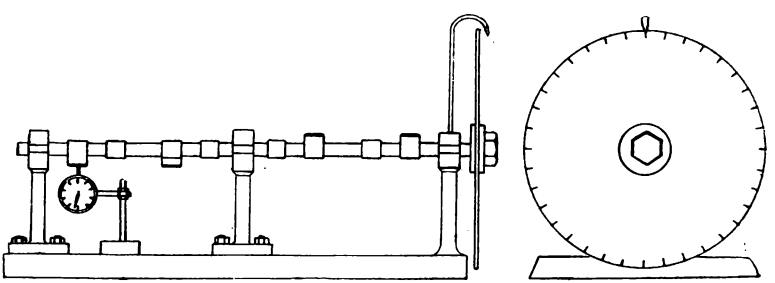


Fig. 140. — Montage pour vérifier les cames.

Il est d'ailleurs facile de vérifier l'arbre à cames en le munissant d'un disque gradué, et en faisant agir les cames successivement contre la touche d'une montre comparateur. On règle le comparateur, de manière à ce que l'aiguille soit à zéro, la touche mobile étant en contact avec le cercle de base de la came. On note l'angle de rotation pendant lequel le bossage agit sur le comparateur. On peut ainsi mesurer l'arc de levée pour différents jeux : 10, 15, 20 centièmes et, en les multipliant par 2, les comparer avec les temps d'ouverture du diagramme de distribution. (Fig. 140.)

Calage de la distribution. — Les cotes sont indiquées soit en millimètres de course du piston, soit en degrés de rotation du volant, soit enfin en millimètres sur la jante du volant. Le calage basé sur la rotation du volant est plus précis que le calage basé sur le déplacement linéaire du piston. Ce déplacement est en effet très faible au voisinage des points morts, et par conséquent très difficile à mesurer.

Il est plus important, donc aussi plus facile à mesurer avec une erreur relative moindre, pour les angles d'avance à l'ouverture d'échappement (AOE) et de retard de fermeture d'admission (RFA). La conversion des degrés en mm de course se fait en cas à l'aide de la formule ci-après :

$$d = r\,(1 + \cos \alpha) + b \quad 1 - \sqrt{1 - \frac{r^2 \sin^2 \alpha}{b^2}}$$

dans laquelle

d distance du piston par rapport au point mort haut (mm) ;
r rayon de manivelle (demi-course) en mm ;
b longueur de la bielle en mm ;
α angle de calage (AOE ou RFA).

Pour la conversion des angles au voisinage du point mort haut, on emploie la même formule, sauf que dans ce cas, le terme cos α est négatif (donc : $r\,(1 - \cos \alpha)$).

Ces calculs sont assez fastidieux et chaque fois que la chose est possible, il est préférable d'effectuer ou de vérifier le calage par les angles en se servant d'un disque gradué, après avoir déterminé le point mort haut à l'aide d'un comparateur. A défaut de disque, on convertira les angles en mm sur la jante du volant :

$$j = \alpha \times D \times 0{,}0087.$$

j = déplacement en mm sur la jante ;

α = angle en degrés (convertir les fractions en décimales ; exemples : 21°30, = 21,5 ; 21 1/3° = 21,33).

0.0087 = quotient de 3.14 : 360, valable pour tous les cas.

D = diamètre du volant en mm.

Soit un volant de 400 mm et une AOA de 12°.

$$j = 12 \times 400 \times 0.0087 = 41{,}9 \text{ mm}.$$

Passons maintenant à l'opération du calage. Ce travail qui, à première vue, semble si compliqué, exige surtout de la réflexion et de l'attention. Après avoir réglé le jeu des soupapes, ou du moins de la soupape d'échappement, à la cote de calage si on la connaît, ou à la cote normale de fonctionnement si aucune autre indication n'est donnée, ou amène le volant au repère correspondant. Supposons que nous ayons un moteur avec les cotes suivantes (volant de 400 mm) :

A O E : 40° = 130 mm
R F E : 10° = 35 mm

On tourne le volant dans le sens normal de rotation, jusqu'à ce que le repère P. M. B. ait dépassé l'index au carter de 35 mm.

On tourne ensuite l'arbre à cames jusqu'au moment précis où la soupape d'échappement se ferme. Pour connaître ce moment, avec l'exactitude nécessaire, on essaie de tourner à la main la tringle du culbuteur, pendant qu'un aide tourne l'arbre à cames. La rotation de la tringle ne devient possible qu'au moment où la soupape tombe son siège, de sorte que l'arbre à cames doit être arrêté aussitôt qu'on peut tourner la tringle. On monte alors les organes d'entraînement de la distribution, c'est-à-dire les pignons et le cas échéant, la chaîne.

Mais il est rare que ce montage puisse être effectué sans exiger un déplacement plus ou moins sensible d'un des deux arbres, par rapport à l'autre. Deux cas peuvent se présenter :

a) les dents des pignons n'engagent pas, parce qu'elles butent bout à bout;

b) la chaîne — quand il s'agit d'une distribution par chaîne — a le brin menant trop court.

Si un des pignons est monté sur canelures, on peut décaler d'une canelure, à condition que le nombre des canelures et le nombre des dents du pignon ne soient pas l'un multiple de l'autre.

Expliquons-nous : Si le pignon a 30 dents et 30 canelures fines, le décalage d'une canelure équivaut à une dent, ce qui est trop dans la plupart des cas.

Avec 6 canelures, il y aurait 5 dents par canelure. Par contre, avec 8 canelures, chaque canelure vaut 3,75 dent, soit par rap-

port à un nombre entier de dents, un décalage de 0,25 ou 0,75 dents, ou pour deux canelures 0,50 dent. On voit qu'on obtient ainsi plusieurs fractions de dent, parmi lesquelles une donne un calage correct.

Certains constructeurs, comme Peugeot, percent le pignon de l'arbre à cames de plusieurs trous, ce qui donne autant de positions différentes, et dont une est la position permettant l'engrènement.

Si chaque pignon est claveté, il n'y a qu'une ressource : employer un clavette déportée. Quand le pignon de distribution est fixé par deux vis, il faut percer d'autres trous.

Un facteur dont il convient de tenir compte également, est le jeu entre les pignons qui ne doit pas être trop important, de même que le jeu de la chaîne. Dans les deux cas, toute la distribution est retardée. (Voir également page 20).

D'autres points encore sont à considérer. Si les engrenages de distribution sont à denture hélicoïdale, il faut, en les engageant, prévoir le décalage dû au pas.

On peut également régler d'après la course du piston, lorsqu'on possède un comparateur et qu'il est possible de désappareiller une soupape. Nous avons déjà expliqué plus haut comment on peut, par ce moyen, déterminer le point mort haut. Pour le calage, on procède de la façon suivante :

a) Amener le piston au P. M. H. et laisser descendre la soupape libérée sur le piston; le culbuteur étant appuyé sur la tringle, on descend la vis de réglage jusqu'à ce qu'elle touche à nouveau la soupape. (Utiliser la soupape d'échappement.)

b) Tourner le vilebrequin dans le sens normal de rotation — le culbuteur restant appuyé sur sa tringle, — jusqu'à ce que l'écart entre la vis et la soupape qui suit le piston, atteigne la cote R F E, par exemple 1 mm., ce qu'on peut déterminer à l'aide de cales d'épaisseur.

c) Laisser le vilebrequin dans cette position, remonter la vis de réglage et replacer ressort, cuvette et clavette de soupape.

d) Amener l'arbre à cames en position de fin d'échappement du cylindre en question, de telle sorte que le poussoir vienne reposer sur le cercle de base de la came. Régler la vis du culbuteur au jeu de calage, par exemple 0,4 mm.

e) Revenir en arrière avec l'arbre à cames et l'immobiliser au moment où la tringle ne peut plus tourner. Monter les pignons ou la chaîne dans cette position.

Nous recommandons ce procédé parce qu'il peut être employé sur la plupart des moteurs à huile lourde à quatre temps actuellement en service. En effet, le bord supérieur du piston se trouve au P. M. H., pratiquement au niveau du plan de joint, et parfois au-dessus. Souvent même le piston comporte des fraisages pour la descente des soupapes.

Il convient, toutefois, de prendre quelque précaution pour le cas où l'on tournerait le vilebrequin trop loin, ce qui amènerait le piston à proximité du P. M. B. et permettrait, le cas échéant, à la soupape de sortir du guide et de tomber dans le cylindre. On peut éviter cela à l'aide d'un fil de fer serré dans la gorge ou passé à travers le trou de clavette.

Moteurs sans soupape. — Ces moteurs ont l'injecteur placé verticalement, de sorte qu'il est facile, à l'aide d'une pige, de déterminer les points morts. Pour caler la distribution, il suffit d'enlever la tubulure d'admission ou le collecteur d'échappement, et de suivre le mouvement des chemises.

Pour apprécier de manière exacte la fermeture de la lumière, on introduit une lame de clinquant très mince (1/100 mm. par exemple). Il faut naturellement que les bords soient parfaitement décalaminés. Le piston se trouvant à la hauteur de R F E, on calera l'arbre à excentriques au moment où le clinquant commence à être coincé par les chemises. Il faut procéder doucement et revenir en arrière pour dégager le cliquant.

Vérification du calage. — Il importe, en tous les cas, de vérifier le calage, afin de savoir si tous les temps concordent avec le diagramme du constructeur. Il arrive souvent qu'on cale avec un jeu de soupape incorrect. Si ce jeu est inférieur au jeu normal, la soupape fermera plus tard, c'est-à-dire après le passage du repère de fermeture devant l'index au volant. Prenons un moteur ayant les coets suivantes et devant être réglé normalement avec un jeu de calage de 0,25 mm :

AOA ..... 12°
RFA ..... 50°
AOE ..... 45°
RFE ..... 10°

Si, ne connaissant pas le jeu de calage, nous réglons avec un jeu à l'admission de 0,10 mm, la soupape d'admission ouvrira bien avec 12° d'avance, mais elle fermera avec plus de 50° de retard. Cet excès de retard n'est pas sans importance, mais il se produira en outre un retard appréciable dans la fermeture de la soupape d'échappement, ce qui peut être plus grave, du fait que l'échappement reste ouvert pendant une plus grande partie de la course d'admission. En ce cas, il faut procéder à un nouveau calage avec un jeu un peu plus grand, l'importance de l'écart renseignant sur la grandeur du jeu à adopter.

Si, au coutraire, la fermeture se produit trop tôt, il faut refaire le calage avec un jeu moindre.

Pour faire un contrôle précis, il est bon que le volant porte les repères des cotes d'ouverture et de fermeture.

Un autre cas peut se présenter. Après calage, on s'aperçoit, en vérifiant, que la durée d'ouverture est bien de 242°, mais que les soupapes ouvrent et ferment 10° trop tard, soit AOA 2°, au lieu de 12°. Or, 10° sur le vilebrequin valent 5° sur l'arbre à cames. Avec un pignon de 50 dents, par exemple, chaque dent vaut 7,2°. En avançant l'arbre d'une dent, on ramène l'écart à $7{,}2 - 5 = 2{,}2°$. Cet écart peut être à son tour supprimé complètement; on avance de la quantité voulue l'arbre à cames par rapport à son pignon, par un des moyens que nous avons exposé plus haut.

Un autre procédé de contrôle est basé sur la symétrie du profil des cames. Prenons notre moteur et portons le jeu à l'admission à 1,5 mm. Supposons que nous trouvions après calage les cotes suivantes :

ROA ..... 14°
RFA ..... 24°

Le décalage par rapport aux cotes normales est de :

$12 + 14 = 26$ à l'ouverture
$50 - 24 = 26°$ à la fermeture.

L'arbre est calé correctement, puisque l'écart est le même à l'ouverture qu'à l'échappement.

Si, au contraire, nous relevons :

R O A ..... 10°
A F A ..... 4°

le décalage est de :

12 + 10 = 22° à l'ouverture,
50 + 4 = 54° à la fermeture,

soit une différence de 54 — 22° = 32°.

L'échappement fermant 54° trop tôt, alors qu'il n'ouvre que 22° trop tard, il en résulte que l'arbre à cames est en avance sur le réglage normal. Cette avance est de 16°, puisque la différence de 32° doit être répartie par moitié entre l'ouverture et la fermeture.

Comme, en outre, l'arbre à cames tourne à demi-vitesse du vilebrequin, c'est de 16 : 2 = 8° qu'il faut le reculer. De cette façon, nous portons :

R O A à 16 + 10 = 26° et
R F A à 16 — 4 = 12°

Le décalage par rapport aux cotes normales sera donc de :

12 + 26 = 38 pour l'ouverture
50 — 12 = 38 pour la fermeture.

Avec le pignon à 50 dents, soit 7,2° par dent, on peut tourner l'arbre en arrière d'un dent ; il sera alors en retard de 0,8° ce qui est insignifiant.

Calage sans cotes. — Le cas le plus embarassant pour le mécanicien est le calage sans cotes ni repères. Sur tous les moteurs à huile lourde les temps sont croisés, l'admission ouvre avant le point mort, tandis que l'échappement ferme après le point mort. Pour s'écarter le moins possible du réglage normal, on donne autant d'avance à l'ouverture d'admission que de retard à la fermeture d'échappement. Si le croisement est important, on peut donner un peu plus de R F E que de A O A.

CHAPITRE XIV

CALAGE ÉT RÉGLAGE DE LA POMPE

A. — **Mise en place**

Une fois que la pompe est correctement réglée, tant au point de vue du début de l'injection qu'au point de vue de son débit, on peut la remettre en place sur le moteur et procéder à son calage. Cette opération ne diffère pas sensiblement du calage d'une magnéto ou d'un allumeur de moteur à essence.

Mise en place. — La position de la pompe d'injection par rapport au moteur est définie par son emplacement (à gauche ou à droite), le côté par où elle est commandée (avant ou arrière), le sens de rotation et la direction du « stop ». La pompe est toujours tournée de telle sorte que le devant, c'est-à-dire le côté où se trouve la plaque de visite soit orienté vers l'extérieur. Lors de la mise en place, il faut veiller au parfait alignement de la pompe avec l'arbre d'entraînement. Le serrage des vis ou écrous de fixation doit être fait progressivement en continuant de proche en proche, et non pas en diagonale, afin d'empêcher le coincement de la crémaillère ou de la tige de réglage.

Les pompes avec arbre à cames reposent souvent sur un socle formant berceau, ce qui permet de les incliner suivant les besoins du calage. Par contre, les pompes sans arbre à cames reposent toujours sur un carter à plan de joint rigoureusement droit.

Pompes avec dispositif d'avance à main. — On modifie l'avance en décalant l'arbre de la pompe par rapport à l'arbre

d'entraînement. Ce décalage est obtenu grâce à un manchon constitué de la façon suivante (fig. 141) :

Sur l'arbre de pompe est clavetée une bague 1 appelée manchon fixe, pourvu de deux rainures hélicoïdales diamétralement opposées. Sur cette bague est engagé un manchon mobile 2 comportant également deux rainures hélicoïdales, qui ont un pas différent du pas des deux précédentes. Ce manchon mobile est muni, en outre, de deux crabots 3 qui s'engagent dans les boutonnières du dispositif d'accouplement dont il sera question plus loin. Une bague 4 entoure les deux manchons; elle est pourvue

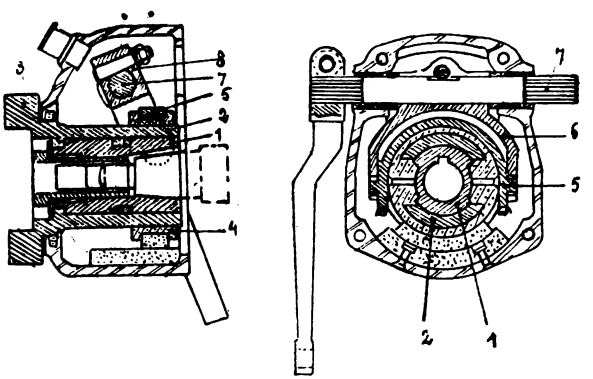


Fig. 141. — Dispositif d'avance à main.

de deux ergots dont chacun s'engage dans les rainures correspondantes deux deux manchons. De sorte qu'en faisant coulisser la bague axialement on fait tourner le manchon mobile par rapport au machon fixe. Mais, comme le manchon mobile est solidaire, par ses crabots, de l'arbre d'entraînement, c'est le manchon 1 fixé sur l'arbre de pompe, qui tournera avec ce dernier.

Le coulissement de la bague 4 est obtenu à l'aide d'un étrier 5 dont les deux tétons sont engagés dans les branches d'une fourchette 6 clavetée sur l'axe 7 qui porte également le levier 8 relié au câble ou à la tringle de commande.

Le décalage de la pompe par rapport à l'arbre d'entraînement atteint, pour les pompes Lavalette et P.M. par exemple, 8 ou 12°, suivant le type, ce qui correspond à une variation de l'avance de 16 ou 24° sur le vilebrequin.

Pour caler, on amène le piston du premier cylindre en fin de compression (ce cylindre est à la compression quand le dernier est à l'échappement, ce qu'on constate facilement en suivant le mouvement des soupapes). On met le levier d'avance à la position préconisée par le constructeur, généralement à pleine avance. La pompe étant placée sur son support, on tourne le plateau d'entraînement pour que le repère sur ce plateau vienne se placer devant un trait marqué sur le carter du dispositif d'avance.

Pompe P. M. — Si le carter comporte deux marques : D et G, il faut mettre le repère « *a* » du plateau aux environs de D pour pompe tournant à droite, et G pour pompe tournant à gauche.

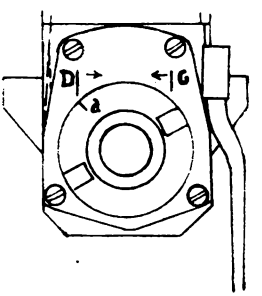


Fig. 142. — Repères du carter d'avance sur PM.

(Le sens de rotation d'un appareil doit être défini en regardant cet appareil du côté de l'entraînement). Si le carter ne porte qu'une marque R en haut, on place le repère « a » devant cette marque. (Fig. 142.) Puis :

Fixer la pompe accouplée à l'arbre d'entraînement et raccorder le tuyau d'arrière du gasoil, purger, mettre la crémaillère à « plein débit ».

Tourner le moteur, décompresseurs ouverts, ou injecteurs enlevés, jusqu'à ce que le gasoil arrive dans les raccords de refoulement.

Ramener le piston du premier cylindre en fin de compression et tourner le vilebrequin pour que le repère « début d'injection » sur le volant vienne devant l'index. (Voir chapitre XIII : Réglage de la distribution.) Si le volant porte un repère « avance maximun », et un autre « avance minimum », il est bien évident que

volant et levier sont à placer tous les deux soit à maximum, soit à minimun.

Si l'on dispose d'un tube de verre étalonné, on visse celui-ci sur le raccord de refoulement du premier cylindre; on desserre les boutonnières du plateau d'entraînement, et on tourne l'arbre de pompe en arrière pour que le poussoir ne repose pas sur le bossage de la came. A l'aide d'un levier ou d'un tournevis, on actionne le poussoir jusqu'à ce que le liquide soit exactement au niveau du trait inférieur.

Puis on tourne l'arbre de pompe dans le sens normal de rotation jusqu'au moment où le niveau du liquide commence à s'élever au-dessus du trait. C'est le début d'injection; il faut donc accou-

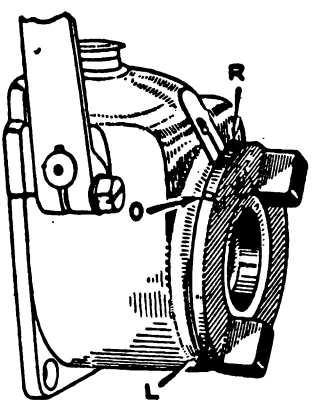


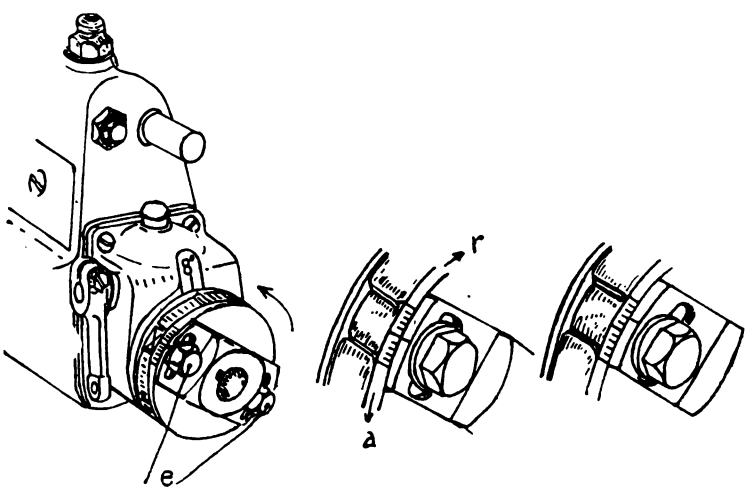
Fig. 143. — Repères du carter d'avance sur Bosch (Lavalette.

pler l'arbre d'entraînement et l'arbre de pompe dans cette position, en resserrant les boutonnières. La pompe est ainsi calée; on peut monter les injecteurs et raccorder les tubes de refoulement.

Pompe Lavalette-Bosch. — Le plateau comporte un trait de repère; sur le carter du dispositif d'avance sont marquées deux lettres : D (ou R) pour la rotation à droite; G (ou L) pour la rotation à gauche. (Sur les anciennes pompes, c'est le contraire.) On amène le piston du premier cylindre exactement à la position « début d'injection », comme nous l'avons précisé plus haut; on tourne la pompe pour que le repère voulu vienne devant le trait. Accoupler dans cette position. (Fig. 143.)

En outre, le plateau d'accouplement comporte des repères (O) qui doivent s'aligner, ainsi qu'une graduation dont chaque division équivaut à 3° de rotation de l'arbre à cames, soit 6° du vilebrequin. On peut donc, si le volant n'a pas de repère d'injection, caler d'une façon précise, en se basant sur cette graduation. Voici comment :

Quand tous les repères coïncident, le piston du premier élément de pompe est exactement à la position de début d'injection. Supposons que le moteur soit à caler avec 12° d'avance, levier à mi-course. On tourne la pompe pour faire coïncider les repères, on met le piston du premier cylindre moteur au P M H,



fin compression. On accouple l'arbre d'entraînement et l'arbre de pompe sans serrer les boutonnières. (Fig. 144.) On fixe la pompe; on avance ensuite l'arbre de pompe de deux divisions par rapport à l'arbre d'entraînement (2 divisions = 3 × 2 = 6° sur l'arbre à cames, soit 12° sur le vilebrequin).

Si l'on ne dispose pas de tube de verre étalonné, on se base sur la montée du liquide dans le raccord de refoulement.

Variation de l'avance à main. — Elle se règle suivant le sens de rotation de la pompe :

Rotation à droite. — Levier d'avance dirigé vers le haut :

on augmente l'avance, en approchant le levier de la pompe ; on la diminue en éloignant le levier.

Levier dirigé vers le bas : on augmente en éloignant, on réduit en approchant.

Rotation à gauche. — Levier vers le haut : on diminue en approchant, on augmente en éloignant.

Levier vers le bas : on augmente en approchant, on diminue en éloignant.

Pompes sans avance à main. — On procède exactement de la même façon que pour les pompes avec avance à main. (Fig. 145.) La marche à suivre est également la même quand il y a une avance automatique. Il faut cependant faire attention si le calage est à faire avec l'avance automatique entièrement déve-

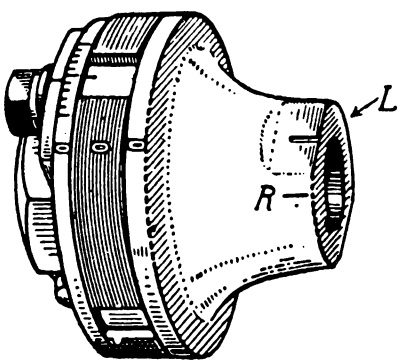


Fig. 145. — Accouplement pour pompe sans avance à main.

loppée, ou à zéro. On peut considérer, comme pour les moteurs à allumage électrique, qu'une cote de calage élevée s'entend pour avance maximum (avance automatique développée) et une cote faible pour avance minimum.

Pompes sans arbre à cames. — Nous allons donner, à titre d'exemple, quelques indications concernant les pompes P. M. (Fig. 146).

Chaque pompe, qu'elle soit mono ou poly-cylindrique, comporte un regard sur le poussoir. Celui-ci est muni soit d'une gorge, soit de deux traits circulaires profonds et indiquant les positions limites supérieure et inférieure du poussoir, c'est-à-dire les points

morts haut et bas du piston de pompe. Entre les deux traits ou les deux bords de la gorge est tracé un autre trait, plus mince. Lorsque ce trait se trouve au niveau d'un repère marqué au regard, le piston est à la position début d'injection ; cette position est valable pour une cote crémaillère ou un débit de pompe déterminé et représenté par un chiffre marqué sur la pompe. Celle-ci est caractérisée, en outre, par une avance apparente à l'injection et par une distance x entre le sommet du poussoir et la face d'appui de la pompe.

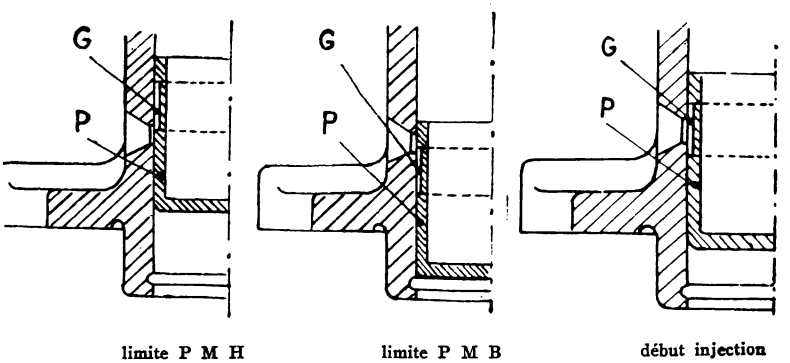


Fig. 146. — Repérage du poussoir chez PM (P = poussoir, G = gorge).

Si la position de l'arbre de commande est repérée, il suffit de mettre la pompe en place, après avoir calé l'arbre et réglé la cote de distance x. On peut ensuite vérifier, en procédant comme pour une pompe avec arbre à came, c'est-à-dire, purger, remplir la pompe de gasoil, à un niveau déterminé, soit dans le raccord de refoulement, soit dans le tube de verre étalonné, en actionnant le poussoir avec un levier. Pendant cette opération, le poussoir ne doit pas descendre sur le bossage, mais sur la partie circulaire. Il faut donc tourner l'arbre à cames en conséquence. L'arbre étant calé et la pompe fixée, on vérifie si le liquide commence bien à monter quand le repère correspondant du volant se trouve devant l'index. Il se peut que le liquide commence trop tôt ou trop tard à monter. Dans le premier cas, on augmente la cote x, dans le second, on la diminue, par un joint cale d'épaisseur convenable.

L'avance à main peut être commandée, soit par tringle, soit

par câble ; en ce dernir cas, il faut prévoir un ressort assez souple permettant toute la course du levier sans déformation, et cependant suffisamment fort pour que le levier garde sa position. A la place d'un câble, on peut employer un fil sous gaîne qui constitue une commande plus rigide.

Le dispositif d'avance doit toujours être bien graissé. Verser une fois par semaine, ou tous les 3.000 kilomètres, un verre à liqueur d'huile demi-fluide.

Nécessité d'un calage précis. — Le calage de la pompe d'injection et le réglage précis de l'avance à l'injection sont de la plus haute importance pour la bonne marche du moteur. Il faut en effet compter avec deux facteurs, qui sont le délai d'injection et le délai d'inflammation.

Le délai d'injection est un phénomène hydraulique dû à la compressibilité du combustible. Pour faible que soit cette compression, elle n'en est pas moins réelle. Entre le moment où le piston commence effectivement à refouler, et le moment où les premières molécules de la colonne liquide entrent dans le cylindre, il s'écoule un certain délai qui est de l'ordre de :

1/1000 de seconde si la pompe est immédiatement accolée à l'injecteur (pompe Thompson, par exemple) et

2/1000 de seconde s'il y a entre la pompe et l'injecteur un tube de refoulement de 1 mètre de longueur.

Or, un moteur faisant 2.000 t. m., chiffre normal pour les moteurs actuels, fait en une seconde 33 tours. De sorte que le vilebrequin fait en :

1/1000 sec., 12 degrés,
2/1000 sec., 24 degrés.

De ce qui précède, on peut conclure que si l'on cale un moteur avec une avance indiquée de 20°, la pulvérisation commence effectivement, à 8° avant le P M H dans le cas le plus favorable.

L'avance réelle est en effet assez faible, et le moteur à huile lourde s'accomoderait assez mal d'une avance exagérée ; on risque en effet les mêmes inconvénients qu'avec l'allumage prématuré dans un moteur à essence. En outre, si l'on introduit le combustible dans un milieu insuffisamment comprimé, donc insuffisamment chaud, l'inflammation ne se fera pas.

Quant au délai d'allumage, il contribue, lui aussi, à retarder l'inflammation de la charge. On sait que ce délai est le temps qui s'écoule entre l'inflammation des premières molécules et le moment où, par suite de l'élévation de pression et de température, le reste de la charge s'allume. Il est d'autant plus réduit que le gasoil est pulvérisé plus finement et que la température d'allumage du combustible est plus basse. Il diminue, en outre, quand la compression et la turbulence augmentent.

La durée de l'injection devrait être de 30°, voire même de 20° seulement, et le délai ne devrait pas dépasser le cinquième de la durée d'injection, soit 4° à 6°, ce qui correspond à un laps de temps de 1/3000 à 1/2000 seconde à la vitesse de 2000 t. m.

L'avance à l'injection est déterminée par le constructeur au cours d'essais précis, et il est indispensable de se conformer aux cotes indiquées.

Tout jeu exagéré, soit à l'attaque des poussoirs, soit entre le piston et le cylindre (de la pompe) augmente le délai d'injection et provoque une baisse de puissance.

Les tubes de refoulement doivent avoir la même longueur, celle-ci étant aussi faible que possible.

B — Quelques cas particuliers

Nous allons examiner brièvement quelques dispositions spéciales préconisées par certains constructeurs.

BERLIET. — Pour les moteurs avec culasse Ricardo-Whirlpool (voir page 91) l'avance fixe est de 23°, ce qui correspond à 7 mm de course de piston. On peut déterminer cette position avec précision, en se servant de la soupape d'échappement comme pige. (L'emploi d'un comparateur est recommandé. Voir page 191.) Vérifier si la soupape est munie de son segment d'arrêt.

Tourner le moteur jusqu'à ce que le piston occupe la position voulue, et vérifier la montée du gasoil dans le raccord de refoulement de la pompe ou, si possible, le tube de verre étalonné.

Si le moteur comporte un repère sur l'arbre à cames, on peut caler directement sans se servir de la soupape.

CITROËN. — Le piston-moteur du dernier cylindre étant amené à la position « début d'injection », on monte sur l'arbre de pompe,

extrémité arrière (côté embrayage) un plateau qu'un clavetage maintient sur l'arbre. Tourner ensuite jusqu'à ce qu'une broche passée à travers la jante du plateau, puisse s'engager dans un petit trou prévu sur le carter de pompe. La pompe est alors au début d'injection du quatrième cylindre.

Si l'on ne dispose pas de ce plateau, on procède comme il a été précisé plus haut.

PEUGEOT. — Amener le repère « All » sur le volant, devant le trait marqué sur le carter. Sur le plateau d'accouplement, faire coïncider les deux traits de repère. A ce moment, un trait, sur le flasque arrière (côté embrayage) de la pompe doit se trouver en regard d'un repère sur l'arbre de pompe (partie conique). On vérifie, boutonnières desserrées, par contrôle du niveau, et on termine, le cas échéant, par un décalage dans le sens voulu.

SAURER. — Sur les moteurs du type 1 C, on enlève le couvercle avant de la boîte de vitesse, et on amène le repère en face le trait, sur le carter. A gauche du repère, au volant, à 60 mm de distance, marquer un trait à la craie; tourner le volant pour amener cette marque devant le trait, sur le carter.

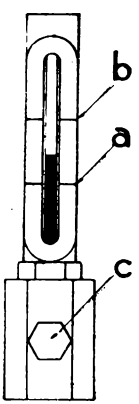


Fig. 147.
Tube de contrôle.

Enlever la pompe et visser sur le premier cylindre le tube de contrôle. (Fig 147.) La pompe étant alimentée par un réservoir auxiliaire, mettre la crémaillère à plein débit. Tourner jusqu'à ce que le tube de contrôle soit rempli (évacuer les bulles d'air). Après s'être assuré que la période d'injection du premier cylindre est terminée (c'est-à-dire quand le liquide a cessé de monter, on desserre un des vis *c* pour faire descendre le niveau jusqu'en *a*. Tourner ensuite l'arbre doucement pour faire monter le liquide de *a* en *b* en cinq à six secondes. S'arrêter en *b* et caler dans cette position, en prenant soin de ne pas faire tourner l'arbre de la pompe.

Ce tube de contrôle permet également de comparer le début d'injection (écart maximum 10 mm au volant) et le débit (écart maximum 3 mm dans le tube) des différents cylindres.

La méthode que nous venons d'indiquer donne un calage basé sur la fin d'injection et non pas sur le début. Si, avec la position du volant à 60 mm avant P. M. H. on faisait coïncider le début de la montée du liquide dans le tube de verre étalonné ou le raccord de refoulement, l'injection serait décalée d'un temps égal à sa durée à plein débit.

Il ne faut pas confondre le calage à fin d'injection avec le calage à plein retard (avance variable).

ROCHET-SCHNEIDER. — Un certain nombre de moteurs de cette firme comportent une pompe sans arbre à cames, le mécanisme de commande étant de construction Rochet. Mais les deux ensembles sont réunis en un bloc pouvant être enlevé facilement. Pour remettre en place la pompe complète, on met d'abord à pleine avance, en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre un levier-disque à l'arrière de la pompe. Une butée fixe limite la course. Mettre le volant au P. M. H. fin compression du 1. cylindre. Vérifier les repères. Ramener le volant en arrière de la quantité de mm indiquée sur la plaquette fixée au côté droit de la pompe; utiliser la graduation du volant et l'index du regard du carter d'embrayage.

Tourner l'arbre de pompe, pour amener le trait inférieur du piston N° 1 à hauteur du repère gravé sur la fenêtre de la pompe d'injection. Bloquer dans cette position.

LATIL. — Le volant porte sur la périphérie trois traits de repère pour chaque cylindre, un pour le P. M. H., un pour le début d'injection avec avance maximum et avec avance minimum. (Voir pages 19 et 23.)

Le point d'injection de la pompe se règle grâce au repère (le plus bas) sur le côté du regard de la pompe. Il faut amener le trait gravé sur le piston, au niveau du repère sur le regard.

La roue à chaîne de l'arbre à cames est serrée sur son moyeu par trois goujons fixés sur le pignon de commande de la ou des pompes d'injection.

Ces goujons traversent des boutonnières ménagées dans la roue et le moyeu pour permettre un déplacement angulaire de la roue et du pignon, afin d'obtenir un réglage précis de l'arbre à cames et des pompes d'injection.

Après réglage de l'arbre à cames et de la chaîne, la roue et le moyeu sont goupillés ensemble.

Une deuxième goupille rend solidaires le moyeu et le pignon de commande des pompes d'injection après réglage de ces dernières.

Le couvercle de distribution étant enlevé, l'ensemble des repères et des goupilles doit se présenter comme l'indique la figure 9; le piston du cylindre 1 étant au point mort haut à la fin de la compression.

a) Le trou percé dans la roue à chaîne doit se trouver sur l'horizontale et découvrir les repères des pignons de pompes d'injection, la dent repérée du pignon monté sur l'arbre à cames doit se trouver entre les deux dents repérées du pignon de l'arbre des pompes d'injection.

b) Le pignon de l'arbre des pompes d'injection doit être monté sur son arbre cannelé de manière à amener la coïncidence des deux repères sur une ligne verticale comme l'indique la figure.

c) Les repères de l'arbre à cames du moyeu et de la roue à chaîne doivent se trouver sur une même horizontale, ainsi que la goupille du moyeu et du pignon de commande des pompes.

d) La goupille de la roue à chaîne et du moyeu doit être placée sur la verticale.

e) Enfin, les repères du pignon à chaîne et du vilebrequin doivent coïncider sur la verticale.

BERNARD & GARDNER. — Tourner la roue de chaîne de telle sorte que ses deux repères se trouvent sur la même ligne que deux repères marqués sur le carter de distribution. Par un trou dans la roue de chaîne, on peut se rendre compte si le repère sur le pignon d'arbre de pompe et le pignon fixé au pignon de chaîne coïncident. La position relative des deux pignons reliés à l'aide de trois goujons est repérée par un arc de cercle tracé sur le pignon arrière, à travers le trou dans le pignon avant.

⁂

Il va de soi que l'arbre d'entraînement de la pompe et le pignon de vilebrequin, doivent être engrénés correctement avec les

pignons intermédiaires. S'il n'y a pas de repères, il faut procéder comme suit (la côte d'avance étant connue) :

Mettre le volant à la position de début d'injection du cylindre à caler, l'arbre d'entraînement de la pompe n'étant pas en prise.

Amener le piston de pompe correspondant également au début d'injection, en faisant coïncider les différents traits de repères sur le carter et le plateau d'entraînement.

Tourner ensuite l'arbre d'entraînement pour que le repère gravé sur le plateau vienne coïncider avec ceux du plateau de la pompe, la graduation des boutonières étant à zéro. Engager le pignon de l'arbre (ou monter la chaîne) dans cette position en tenant compte, le cas échéant, du décalage correspondant au pas des pignons hélicoïdaux.

Repères et avance variable. — Les repères se trouvant l'un sur le carter et l'autre sur le plateau d'entraînement ne doivent pas obligatoirement se trouver en face l'un de l'autre. Supposons l'arbre de pompe tourné de manière à ce que le piston du cylindre à caler soit exactement à la position de début d'injection. Si, l'arbre étant immobilisé, on déplace le levier d'avance à main, ceci aura pour effet de déplacer également le plateau par rapport à la pompe. Le plateau fait corps, en effet, avec le manchon mobile de l'avance variable. Il ne faut donc pas s'inquiéter si les deux repères ne coïncident pas exactement.

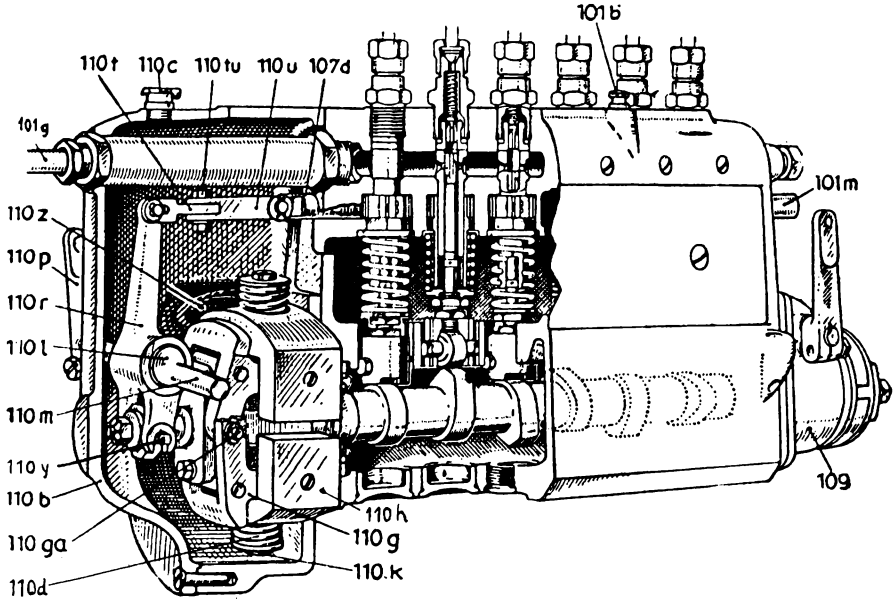
C. — Réglage de la pompe et du régulateur

Le moteur à huile lourde ne fonctionne bien qu'entre des vitesses limites déterminées. Il a tendance à s'emballer au régime élevé et à « bafouiller » au ralenti. La limite inférieure est de l'ordre de 300 à 400 t. m. Quant au maximum admissible, il varie suivant le type de moteur. (Voir tableaux à la fin du volume.)

Le régulateur a pour effet de maintenir le régime de rotation dans les limites prévues par le constructeur. Il existe deux types : mécanique ou centrifuge, et pneumatique ou à dépression.

Pour obtenir un réglage aussi précis que possible, il y a intérêt à l'effectuer avec moteur au banc d'essai.

Régulateur centrifuge (fig. 149). — On fait tourner le moteur au banc, avec la tige de commande à plein débit. Regler



101 g = tube d'arrivée de gasoil.
101 m = butée de la tige de réglage.
107 d = tige de réglage.
109 = avance à main.
110 c = graisseur.
110 d = ressort.
110 b = carter.
110 g = levier coudé.
110 h = masse centrifuge.
110 k = écrou de réglage.
110 l = excentrique.
110 m = arbre d'accélérateur.
110 p = levier d'accélérateur.
110 r = balancier de régulateur.
110 t, tu et u = liaison de la tige de réglage avec le balancier.
110 y = collier à tétons.
110 z = bouchon de carter.

Fig. 148. — Régulateur et accélérateur de la pompe Bosch.

de façon à ce que le moteur développe, au régime prescrit par le constructeur, le maximum de puissance, sans fumer. La position limite du levier d'accélération 110 *p* se règle à l'aide de la vis butée 110 *ma*. Les écrous des ressorts antagonistes du régulateur se tournent par demi-tour. Un tour d'écrou correspond, suivant le type, à 50-100 tours-moteur. Ne jamais desserrer les

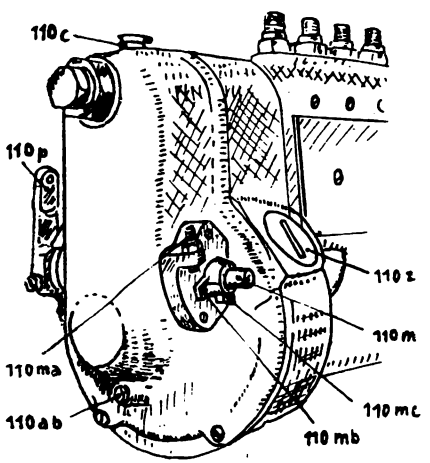


Fig. 149 — Butée pour regulateur centrifuge.

écrous au delà de leur affleurement avec l'extrémité des tiges filetées. La tige de commande (crémaillère) doit avoir à fin de course dans le sens « stop » un jeu de 1 mm. Autrement dit, elle doit pouvoir être déplacée encore de 1 mm quand les masselottes sont à leur position minimum.

En replaçant le moteur sur le châssis, on veillera, lors de l'accouplement des tringles de commandes, à ce que les chapes jouent librement, et qu'aucun organe ne puisse coincer. La pompe étant accouplée, calée et fixée, on place le levier 110 *p* en position pleine charge, on appuie sur la pédale d'accélérateur pour accoupler les tringles, et, cette position étant conservée, on règle la butée de la pédale, cette butée ayant pour but d'empêcher tout déplacement exagéré de la pédale et les déformations qui pourraient en résulter.

Régulateur pneumatique. — Monté sur les moteurs à régime de rotation étendu, il ne règle pas seulement les vitesses

minima et maxima, mais il assure également un réglage parfait à toutes les positions intermédiaires de l'accélérateur. Celui-ci n'est pas accouplé directement à la crémaillère, mais commande un papillon ou volet monté dans la tuyauterie d'admission d'air.

Une tirette commande le stop et dans certains cas, une troisième commande peut agir sur le ralenti et une quatrième est prévue pour le starter, sans parler du correcteur d'avance à main.

Butée. — Sur les pompes Lavalette, cette butée limite la position plein débit; elle est constituée par une douille dans laquelle est vissé un bouchon contre lequel bute l'extrémité de la crémaillère. Pour régler, on fait tourner le moteur comme nous l'avons dit plus haut; on retire la rondelle 9 *e*, la goupille 9 *d* et on tourne le bouchon dans le sens voulu. (Fig. 150.)

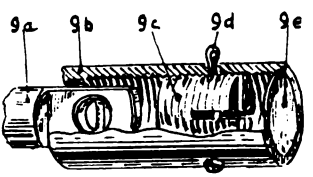


Fig. 150. — Butée pour régulateur pneumatique (Bosch).

Starter. — Le starter est constitué par une butée mobile qu'on déplace, pour la mise en route, à l'aide d'une commande appropriée, tirette par exemple, afin de donner davantage de course à la crémaillère.

La figure 151 montre un tel dispositif. Il est vissé sur le palier de la crémaillère, comme le précédent, et le déplacement de la crémaillère est limité par la tige *t*. Pour le départ, on recule cette tige à l'aide du levier *l*. Le réglage doit être fait starter déposé, pour qu'on puisse mesurer, avec une jauge de profondeur, la distance entre l'extrémité de la tige et la face d'appui du corps. On règle à la cote correcte en tournant dans le sens voulu l'écrou *e*, après desserrage du contre-écrou *c*.

Ralenti. — Sur les moteurs avec régulateur pneumatique, on règle le ralenti à l'aide d'une vis-butée limitant la fermeture du

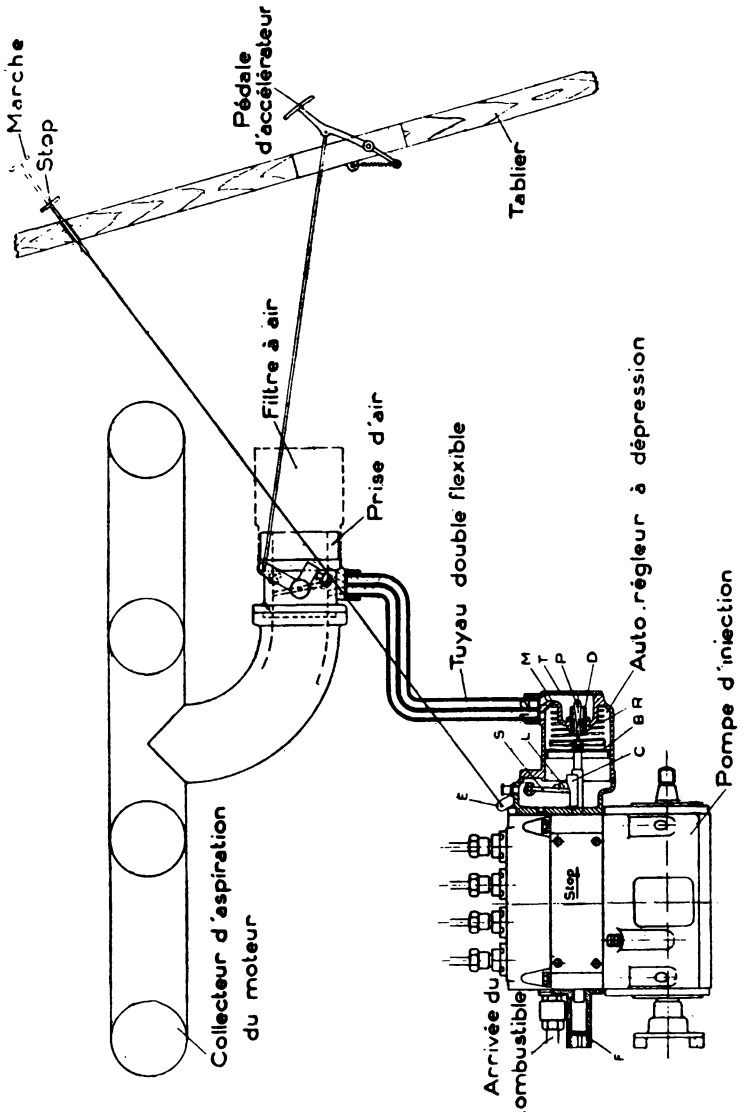


Fig. 152. — Régulateur pneumatique PM avec butée de surcharge.

volet (fig. 152). Parfois, une autre vis est prévue, sur le levier du volet, pour limiter la vitesse maximum.

Surcharge. — La butée de surcharge constitue, sur les pompes P. M., le dispositif de départ. (Fig. 152.) En marche

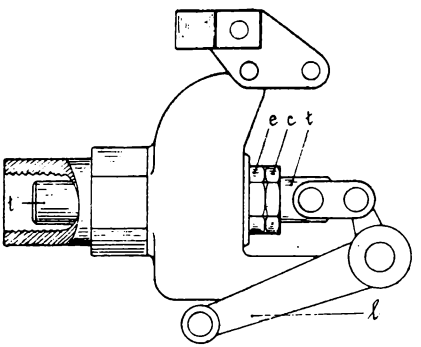


Fig. 151. — Starter et butée (Citroën).

normale, la course de la crémaillère est limitée par un linguet L. Quand on pousse le levier S-E à la position « stop », une came C soulève le linguet qui libère la crémaillère. Celle-ci est poussée par le ressort à la position maximum et vient buter contre la surcharge F, dont le réglage s'effectue, comme nous l'avons dit plus haut. (Fig. 150.) Tant que la crémaillère est dans cette position, le linguet ne peut pas retomber, même quand le levier S-E est tiré en position « marche ». Mais, dès que le moteur tourne, la dépression dans la chambre M rappelle la crémaillère et le linguet retombe à sa place, où il servira de butée « pleine charge » à la crémaillère.

Si le ralenti du moteur est irrégulier, on dévisse la douille D au maximum compatible avec la régularité du ralenti. On règle ensuite l'ouverture du volet, de façon que le moteur, débrayé, ne dépasse pas la vitesse maximum prescrite. Après cela, on vérifie à nouveau le ralenti.

Le régulateur Lavalette comporte, au lieu de la douille avec le pointeau compensateur, un ressort auxiliaire s'appuyant sur une came commandée par un levier qu'une tringle relie à l'accélérateur. Le réglage est fonction du rapport entre le levier de

commande de la commande et le levier intermédiaire relié à la tringlerie d'accélérateur.

Les incidents imputables au régulateur pneumatique sont :

1° Manque d'étanchéité du piston (P. M.) ou de la membrane (Lavalette). Pour vérifier, amener la crémaillère à la position « si p », obturer les orifices de la chambre de dépression. La pression atmosphérique agissant sur l'autre face du piston ou de la membrane, le retour de la crémaillère doit demander plusieurs secondes. Un retour plus rapide indique un manque d'étanchéité.

2° Fuites aux canalisations. On vérifie de la même façon, mais avec canalisations raccordées au régulateur et débranchées de la pipe d'admission. Obturer leur extrémité.

3° Obstruction du filtre à air, qu'il faut nettoyer périodiquement.

Notons encore qu'une bonne précaution consiste à limiter le régime d'un moteur révisé, pour la période de rodage, à un chiffre de 300 tours environ inférieur à son régime normal.

CHAPITRE XV

LES DIFFICULTÉS DE MISE EN ROUTE

A — Conditions nécessaires à un départ facile

De par le principe même de son fonctionnement, — dont la caractéristique est l'auto-inflammation des molécules de combustible dans un milieu gazeux suffisamment chaud, — la mise en route des moteurs à huile ne peut être obtenue que dans certaines conditions bien déterminées que voici :

1° Température de l'air en fin de compression;

2° Vitesse de rotation;

3° Avance à l'injection.

Ces facteurs n'ont pas tous les trois la même influence.

1° **Température de compression.** — L'influence de celle-ci est prédominante. On la calcule à l'aide de la formule :

$$T_c = T_a \times \rho^{x-1}$$

dans laquelle

T_c = température en fin de compression

T_a = température initiale

ρ = taux de compression

χ = coefficient qu'on évalue en moyenne à 1.33, mais qui varie en réalité sensiblement. Il augmente avec la vitesse de rotation du moteur et la température de celui-ci; il diminue à mesure que le taux de compression augmente et que la cylindrée diminue; il dépend enfin du degré d'étanchéité du cylindre.

Le graphique figure 153 donne la température finale moyenne pour les différents taux de compression, avec moteur chaud et moteur froid. On estime à environ 400° C la température finale

minimum nécessaire à l'inflammation du combustible. Si cette température n'est pas atteinte, le moteur ne part pas.

2. **Vitesse rotation.** — Nous avons vu plus haut que le coefficient χ augmente avec la vitesse de rotation. On a intérêt à effectuer la compression le plus rapidement possible pour céder le minimum de calories aux parois froides. D'autre part, l'étanchéité du cylindre n'est pas absolue et la quantité d'air pouvant s'échapper hors du cylindre est d'autant plus grande que la compression s'effectue plus lentement.

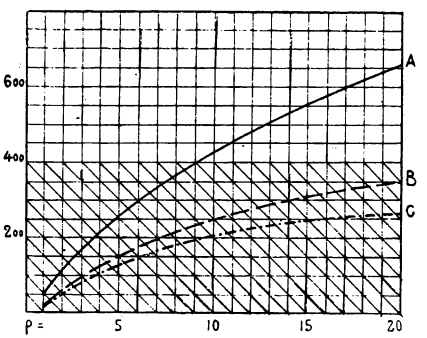


Fig. 153. — Température de fin de compression en fonction du taux de compression et de la vitesse de rotation.

A, moteur chaud, n 100 tours.
B, moteur froid, n 100 tours.
C, moteur froid, n 60 tours.
Hachures inclinées : zone trop froide pour le départ.

Les différentes courbes de la figure 153 montrent l'influence de la vitesse de rotation sur la température finale. On voit qu'un moteur ne tournant qu'à 100 t. m. ne peut pas partir s'il est froid, même s'il s'agit d'un type à injection directe avec un taux de compression élevé. La nécessité d'un système de démarrage en bon état et bien alimenté saute donc aux yeux. Nous en reparlerons plus loin à propos de la batterie.

3. **Avance à l'injection.** — En principe, le moteur à huile lourde doit être lancé avec le maximum d'avance à l'injection. Mais ce maximum n'a pas une valeur fixe. Il dépend du type de pompe, de la température finale de l'air et du type de moteur

En certains cas, il est utile de réduire considérablement l'avance à main. Il n'est pas inutile, quand le moteur comporte une avance à main, d'en fixer le levier sur un secteur gradué, sur lequel on marque la position de démarrage.

B — Moyens employés pour faciliter la mise en route

Ces moyens sont multiples. Ils visent surtout à augmenter la température de l'air. Nous avons vu que, d'une manière générale, la température dans la chambre de compression n'atteint pas une valeur suffisante, par temps froid, pour provoquer l'inflammation du gasoil, d'autant moins que la vitesse de rotation reste souvent assez faible à cause des résistances internes dues à la viscosité de l'huile. Pour ces mêmes raisons (température et vitesse insuffisantes), la pulvérisation du combustible laisse à désirer.

Les différents procédés mis en œuvre pour assurer un départ rapide, même par temps froid, sont :

a) L'emploi de réchauffeurs électriques ;
b) L'augmentation du taux de compression ;
c) Le réchauffage de l'air ;
d) le réchauffage des cylindres :
e) la vaporisation du gasoil ;
f) La conservation de la chaleur du moteur après arrêt.

Réchauffeurs électriques. — Presque tous les moteurs à antichambre comportent des réchauffeurs de départ qui servent moins à allumer directement le combustible qu'à porter l'air à une température suffisante. Pour bien comprendre le rôle de ces réchauffeurs, il faut noter que le moteur à antichambre travaille avec un taux de compression et une pression d'injection moindres que le moteur à injection directe. D'où température plus basse de l'air et pulvérisation moins fine du combustible. Le passage de l'air à travers les sections étranglées entre le cylindre et l'antichambre s'accompagne d'un abaissement de la température qui est encore accentué par les pertes de chaleur au contact des parois froides de l'antichambre. Dans le moteur à antichambre, l'air comprimé est en contact avec une surface beaucoup plus grande que dans le moteur à injection directe.

La résistance du réchauffeur est portée à une température de 1000° environ, pendant 1 1/2 minute. La principale précaution à prendre consiste à monter le réchauffeur de telle sorte qu'il ne puisse être heurté par le jet de combustible. Un chauffage prolongé risque de détériorer la résistance; même par temps froid, l'équilibre entre l'apport de chaleur par le courant électrique et la perte par radiation s'établit rapidement, et il faut rarement plus de deux minutes, même quand il fait très froid, pour lancer le moteur, à moins que celui-ci ne soit en mauvais état ou gommé.

On emploie également des cartouches d'allumage (papier imbibé d'une solution à 5 % de salpêtre) qu'on monte en bout de tiges appropriées vissées dans le cylindre ou la culasse. Le système a l'inconvénient d'exiger, pour chaque mise en route après arrêt prolongé, l'ouverture du capot et l'allumage des cartouches, ce qui demande un certain temps. Aussi l'emploie-t-on rarement pour les moteurs de véhicules; on le trouve davantage sur les moteurs marins.

Augmentation de la compression. — Ce moyen, qui est employé depuis longtemps, consiste en une diminution passagère du volume de la chambre de compression (Lanova, Lister). Il en résulte une augmentation de la température finale qui est portée au-dessus du point d'inflammation du mélange. Le procédé peut paraître paradoxal, car en augmentant le taux de compression on aaccroît également la résistance du moteur. Mais on a vu, page 93, que, dans la position intermédiaire de l'olive, le dispositif sert de décompresseur. Il est donc possible de décomprimer une moitié des cylindres, la résistance à la rotation est ainsi diminuée, et on peut lancer les cylindres « surcomprimés ».

Réchauffage de l'air. — On peut atteindre une température finale suffisante en augmentant la température initiale, en faisant passer l'air frais sur des résistances électriques. Cependant, ce moyen ne donne de bons résultats que sur les moteurs à injection directe, ou les surfaces de contact sont moins grandes, avec une compression et une pulvérisation meilleure. (Voir plus haut.) dans les moteurs à antichambre, le gain est insignifiant. Pour

un chauffage préalable à 1000° on n'a noté qu'une augmentation de 60° de la température finale.

Il existe un autre moyen d'obtenir une température finale plus élevée. Il est basé sur le fait qu'un gaz s'échauffe en rentrant dans un espace dans lequel règne une forte dépression (effet Joule-Thompson). Chez Ganz-Jendrassik, on ouvre, à cet effet, la soupape d'admission vers la fin de la course d'aspiration seulement. L'air s'échauffe ainsi à environ 30-40° C d'où résulte une augmentation de la température finale d'environ 100°.

Réchauffage du moteur. — Il peut être réalisé de deux façons : *a*) en remplissant le système de refroidissement d'eau chaude ou en chauffant l'eau à l'aide de résistances électriques); *b*) en chauffant l'huile de graissage. L'emploi simultané de ces deux moyens a pour effet de réduire les pertes de chaleur pendant les premières compressions et de diminuer les résistances au frottement, l'huile chauffée étant plus fluide. Pour lancer un moteur à — 10°, il faut un couple six à sept fois plus élevé que si le moteur a une température d'environ 45°.

Injection ou vaporisation de combustible dans la tubulure d'admission. — Depuis quelque temps, on utilise des vaporisateurs spéciaux qui donnent de bons résultats sur les

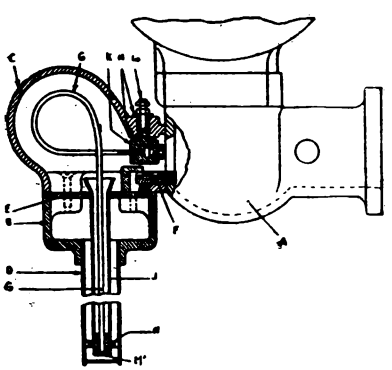


Fig. 154. — Vaporisateur de gasoil (Bosch).

moteurs à antichambre et qui tendent à remplacer les réchauffeurs électriques. La figure 154 représente un tel appareil. Il est fixé à la tubulure d'admission A à proximité d'un cylindre du moteur,

par exemple le dernier. Il comprend un carter B fermé en haut par une plaque E et prolongé en bas par un tube D fermé à son extrémité inférieure. L'enceinte fermée ainsi constituée est alimentée en gasoil par une dérivation venant de la canalisation de retour d'huile des injecteurs.

Le carter est rempli de gasoil jusqu'à hauteur de la plaque de fermeture. Un ajutage de décharge F, qui débouche dans la tubulure d'admission d'air est prévu pour éviter les surpressions internes pouvant êtres dues à la chaleur. Dans le tube D plonge un autre tube G, de petit diamètre, en métal résistant; son extrémité est fixée dans une pièce H munie d'un orifice I pour le passage du gasoil. La pièce H est soudée au tube de protection J, ce qui met le tube G à la masse. La partie supérieure du tube G est courbée en forme de spire et logée dans un couvercle C. L'extrémité est soudée dans une pièce K formant ajutage et qui débouche dans la pipe d'admission. Cette pièce est fixée au couvercle par une tige filetée L formant borne d'arrivée, isolée par le canon M.

Au repos, le carter est rempli de gasoil qui monte au même niveau dans le tube central. Quand on ferme le circuit, le courant chauffe le tube G. Il se produit alors de la vapeur de gasoil qui s'échappe dans la pipe d'admission d'air. Le cylindre aspire ainsi un mélange carburé qui s'enflammera par suite de la compression.

D'autres systèmes encore sont employés, mais ils ne sont pas assez répandus dans la locomotion routière pour que nous nous étendions à leur sujet.

Conservation de la chaleur du moteur après arrêt. — Par temps froid, il y a tout intérêt, si l'on veut s'assurer un départ facile, de conserver la chaleur du moteur après arrêt. Un moteur non couvert, à une température de 60°, met par vent normal, huit à neuf heures pour descendre à — 15°. Bien couvert, il perd sa chaleur moins vite : douze heures pour descendre à — 10°. Par contre, en isolant le moteur thermiquement, par des moyens appropriés, la température est encore supérieure à 20° après quinze heures d'arrêt. Les rideaux intérieurs sont un premier pas dans cette voie encore largement ouverte au progrès.

C — Difficutés de mise en route (1)

Les difficultés qui peuvent s'opposer à la mise en route du moteur à huile lourde, sont multiples. Il y a en premier lieu les troubles communs à tous les moteurs à combustion interne et qu'on rencontre donc aussi avec les moteurs à essence. En second lieu, il y a les ennuis particuliers au type de moteur qui nous intéresse ceci, et dont plusieurs se manifestent avec une certaine persévérance par temps froid. Nous considérons le moteur même en bon état de marche, avec cylindres bien étanches, condition sur l'importance de laquelle nous avons suffisamment insisté au cours des précédents chapitres.

Troubles d'ordre général. — Comme nous avons déjà eu l'occasion de l'indiquer, le moteur à huile lourde est plus dur à lancer, à cylindrée égale, que le moteur à essence. Il faut le faire tourner plus vite, au moins 175 à 200 t. m. (moteur à essence 50 t. m.). Ce chiffre est encore sensiblement inférieur au régime de ralenti normal (300 à 400 t. m.). Cette vitesse de 200 t. m. ne peut être obtenue qu'avec un équipement électrique, et surtout une batterie en parfait état. En outre, la batterie doit avoir une capacité beaucoup plus grande que pour le moteur à essence correspondant. Malheureusement, beaucoup de véhicules à moteur Diésel ont des batteries tout juste suffisantes pour démarrer le moteur dans des conditions optima. Que par suite d'un abaissement de température, le moteur soit un peu gommé et le démarreur, malgré la batterie chargée « à bloc », ne pourra pas le lancer. La difficulté est accentuée par le fait que le rendement de la batterie diminue avec la température. Un petit Diesel exige un démarreur de 7,5 CV (sous 24 volts) et un gros, environ 12 CV.

Plus que le moteur à essence, le moteur à huile lourde est sensible au froid et exige en hiver une huile de fluidité appropriée.

De même, les connexions défectueuses, mal serrées, tout comme l'usure des cylindres causent plus d'ennuis, dans le cas du moteur à huile lourde, qu'avec le moteur à essence.

(1) Voir également : *Aide-Mémoire pour la Recherche méthodique des Pannes des Moteurs à huile lourde*, par N. L. Erpelding (Et. Chiron, Paris).

Troubles particuliers au moteur à huile lourde. — Ils proviennent soit du système de réchauffage, soit du système d'injection. Nous ne parlerons pas ici des réchauffeurs au sujet desquels on trouvera toutes les indications utiles dans notre ouvrage, « Guide du Moteur à huile lourde ». Nous insisterons, toutefois, à ce propos, sur l'inconvénient qu'il y a à laisser des réchauffeurs en circuit pendant un temps trop long. En effet, le filament est exposé à des variations de température insoupçonnées, même pendant la période de fonctionnement normal du moteur.

Cette variation, de l'ordre de 1600 à 1800°, se produit 900 fois par minute dans un moteur tournant à 1800 t. m. Ce changement ne peut qu'affecter la couche supérieure du filament qui se dilate et se contracte pendant que le noyau ne bouge pas; il en résulte une fatigue du métal qui engendre de petites fissures amenant peu à peu la rupture des filaments. Si le réchauffeur reste trop longtemps en circuit, il fatigue davantage, et la mise hors service est plus rapide. Fait à signaler : la rupture se produit le plus souvent non pas pendant que le filament chauffe, mais pendant qu'il est hors circuit.

Troubles provenant du système d'alimentation. — Il arrive que le moteur, en bon état, et entraîné par le démarreur à une vitesse suffisante, refuse de partir. Si les réchauffeurs fonctionnent normalement, seuls les appareils d'alimentation sont à incriminer. On vérifiera dans l'ordre

a) Si la pompe d'injection est alimentée normalement en combustibles;

b) Si l'avance à l'injection est réglée correctement;

c) Si les injecteurs fonctionnent convenablement;

d) Si la pompe d'injection débite correctement.

La manière d'effectuer ces différents essais a été indiquée dans les chapitres précédents. Mais il est des cas où l'on se trouve en présence de ce qu'on peut appeler « la panne bête », et il nous semble utile de signaler quelques cas de ce genre.

Etat des commandes. — Toutes les pompes en service sur les moteurs de véhicules, les moteurs d'avions et beaucoup de moteurs marins sont du type à course constante; on arrête le

débit en tournant le piston, de telle sorte qu'une rainure ou un canal fasse communiquer constamment la chambre de refoulement du cylindre avec la chambre d'arrivée du gasoil. Il arrive que la commande reste à la position de « stop » ou de débit nul, soit parce que le ressort de rappel n'a pas fonctionné, soit parce qu'une pièce est coincée, soit enfin parce que les masselottes du régulateur ont été immobilisées par du cambouis, de l'huile figée, voire même de la saleté. Donc, si le moteur ne part pas tout de suite, il faut vérifier, avant de démonter quoi que ce soit, si la crémaillère est à la position plein débit. Ajoutons que le blocage du régulateur dans le sens de « stop » peut empêcher, par temps froid, la mise en route, du fait que les pistons ne sont pas à la position de plein débit. En ce cas, le moteur est insuffisamment alimenté à cause de la condensation. Nous en reparlerons plus loin.

Avance à l'injection. — Le fait que le moteur à antichambre doit être lancé avec toute l'avance, pourra surprendre les spécialistes du moteur à essence, la mise en route de celui-ci se faisant à plein retard. La chose est d'autant plus surprenante qu'à faible allure le moteur à huile lourde demande, tout comme le moteur à essence, une réduction de l'avance. Les pompes ne sont pas toutes munies d'un correcteur à main. Certains constructeurs l'ont abandonné parce que beaucoup de conducteurs ne s'en servent pas ou l'utilisent à contre-temps. Si la pompe ne comporte pas de dispositif de variation automatique, le moteur fonctionne toujours avec la même avance, ce qui lui donne une marche plus brutale aux bas régimes et diminue quelque peu le rendement aux régimes élevés.

Pour revenir à l'avance à main, on a tout intérêt à mettre celle-ci à pleine ou à mi-avance, suivant le cas (voir plus haut), surtout quand le moteur est froid. Nous avons vu que la vitesse de lancement est sensiblement inférieure à la vitesse normale de ralenti. Avec les démarreurs actuels, on ne peut pas faire tourner le moteur à plus de 200 t. m. au maximum. A cette allure, la vitesse de pulvérisation du gasoil est très faible; en outre, les pertes par fuite entre le piston de pompe et son cylindre, ainsi qu'entre l'aiguille de l'injecteur et sa buse, sont relativement

importantes. A cela, il faut ajouter que la compression réelle est moindre, à cause des fuites entre piston-moteur et cylindres, et des pertes de chaleur par les parois froides. La pulvérisation se fait donc dans de très mauvaises conditions. Le gasoil ayant un point de vaporisation plus élevé que l'essence, se condense donc aussi plus facilement que celle-ci, de sorte qu'une fraction seulement de la charge de combustible injectée est effectivement vaporisée. Dans les moteurs à antichambre, les molécules doivent, en outre, parcourir un certain chemin pour arriver à la masse d'air chaud localisée autour du réchauffeur. Pour toutes ces raisons, la combustion ne peut commencer qu'avec un certain retard et ne progresse que très lentement. Il est donc indispensable de donner à l'injection une avance suffisante pour que l'inflammation des premières molécules puisse se produire avant le point mort ; passé celui-ci, l'allumage ne peut plus se produire spontanément, le piston descendant permettant au mélange de se détendre à nouveau, cette détente s'accompagnant, comme on sait, d'une baisse de température.

Une fois le moteur parti, on peut ramener le correcteur à la position « retard » pour la marche au ralenti.

Quand on ne connaît pas l'avance optimum pour la mise en route, on promène le levier d'avance lentement, de maximum à minimum, pendant que le démarreur entraîne le moteur. On passe ainsi par le point le plus favorable et le moteur part.

Notons ici, qu'à chaque lancement, et même pour des essais successifs, on peut laisser le démarreur tourner pendant vingt secondes environ, avec intervalles de même durée entre deux tentatives consécutives. On a constaté, à la suite de nombreuses expériences, qu'on épuise la batterie plus vite par dix essais de dix secondes que par cinq essais de vingt secondes. Ceci s'explique par le fait qu'il faut une intensité de courant plus grande pour vaincre l'inertie du moteur arrêté que pour continuer à assurer la rotation.

Par ce qui précède, on se rend compte aisément de l'importance du montage correct de la commande d'avance. Les tringles, tiges et le levier ne doivent pas être faussées. Nous conseillons même de veiller à certain « détail » tellement évident qu'on n'y songe

jamais. C'est l'orientation des leviers. Si un levier, par exemple celui de l'axe porte-fourchette (voir page 204) est monté à l'envers, on diminue l'avance quand on croit l'augmenter, et réciproquement. Nous avons vu un cas analogue sur un moteur à essence ; l'ouvrier avait simplement retourné le petit levier de commande du starter, de sorte qu'en tirant la tirette, on fermait le starter, et en la poussant, on le mettrait en circuit.

Compressibilité du gasoil. — Nous avons déjà parlé plus haut du délai d'injection qui est le laps de temps entre le moment où le piston commence à chasser effectivement le gasoil devant lui et le moment ou commence la pulvérisation dans le cylindre. Si l'on comprime 10 cm^3 de gasoil à 500 kgs (pression d'injection qu'on trouve sur certains moteurs à injection directe) on réduit le volume à 9 cm^3. En comprimant une colonne de liquide, on donne à celle-ci une certaine tension. Quand le piston de pompe commence à refouler, il comprime d'abord le gasoil jusqu'au moment où la tension de la colonne liquide atteint la tension du ressort de l'injecteur. Si le piston continue à comprimer, la tension augmente et dépasse celle du ressort ; l'aiguille se soulève et le gasoil pénètre dans le cylindre jusqu'au moment ou l'équilibre se rétablit entre la pression de l'huile et le ressort. L'aiguille redescend sur son siège. Mais le gasoil sous pression cherche à se détendre davantage. La seule issue par laquelle il peut se frayer un chemin, est le faible espace annulaire dû au jeu de l'aiguille dans la buse (fig. 156). C'est cette huile qui est recueillie dans les collecteurs de retour. La pression diminue ainsi jusqu'au prochain refoulement, et la baisse peut atteindre jusqu'à 10 kgs. Quand la pompe refoule à nouveau, elle rétablit d'abord la pression de la colonne liquide ; on comprend donc que l'injection commence avec un sensible retard sur le début de refoulement de la pompe qu'on considère, lors du calage, comme le début d'injection. Si, par suite d'un jeu exagéré entre le piston de pompe et son cylindre, une certaine quantité de gasoil peut s'échapper, l'injection effective commencera encore plus tard. Il va de soi qu'une fuite à l'injecteur a les mêmes effets. L'avance à l'injection diminue donc à mesure que les organes de la pompe et de l'injecteur s'usent et prennent du jeu. De sorte qu'il faut progressivement aug-

menter l'avance à main. C'est un fait connu, que la marche du Diesel devient peu à peu plus douce, mais en même temps le rendement baisse. Si l'on modifie l'injection pour obtenir une plus grande avance, on rend la marche du moteur plus dure, mais on

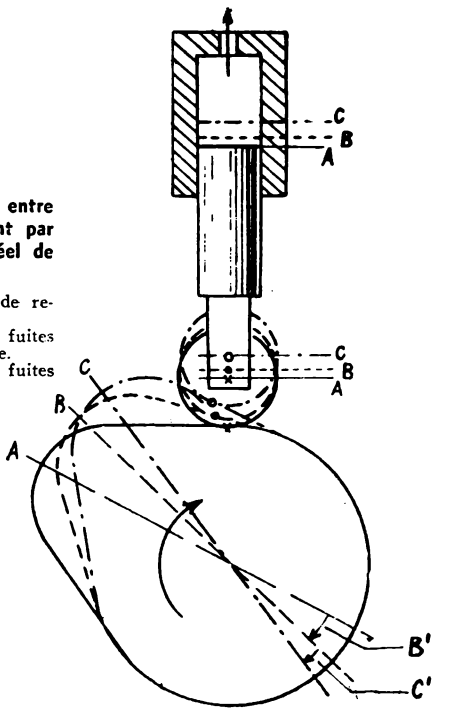


Fig. 155. — Décalage entre le début du refoulement par le piston et le début réel de l'injection.

A : début de la course de refoulement.
A B : décalage dû aux fuites entre piston et cylindre.
B C : décalage dû aux fuites à l'injecteur.

augmente ainsi son rendement. Ce décalage entre le moment réel du début d'injection dans le cylindre et le début apparent a déjà causé du souci à bon nombre de mécaniciens habitués au moteur à essence. Dans celui-ci, l'étincelle, faible ou forte, suivant l'état de l'allumeur, de la bobine, des bougies, de la batterie, jaillit au moment précis ou se produit la rupture, sans aucun décalage. On peut admettre que le moment de rupture de l'allumeur ou de la magnéto correspond au moment ou le piston de la pompe du moteur à huile lourde commence à refouler. C'est la position A sur la figure 156. En réalité, l'injection ne se produit que quand le piston arrive en B ou en C, suivant l'importance des fuites. Il

arrive un moment, ou l'augmentation de l'avance ne suffit plus à compenser le retard dû aux fuites. En ce cas, il faut procéder à la revision des injecteurs et de la pompe.

Etat des injecteurs. — La pulvérisation ou plutôt la vaporisation du combustible dépend de la pression d'injection et de la vitesse de projection à travers les orifices de la buse. Nous avons vu précédemment comment on opère pour vérifier un injecteur. Si l'injecteur pulvérise mal, en dépit d'un tarage correct du ressort, d'un jeu correct de l'aiguille et d'une vitesse de rotation suffisante, il y a lieu de vérifier les trous de pulvérisation qui peuvent avoir été agrandis lors de nettoyages antérieurs à l'aide d'objets durs. La buse et l'aiguille sont alors à remplacer.

Il ne faut jamais oublier que le moteur à huile lourde part d'autant plus facilement, que la quantité de gasoil injectée est plus grande, surtout lorsqu'il fait froid. Il exige en quelque sorte, comme le moteur à essence, un mélange plus riche, pour compenser la condensation.

En certains cas, on peut être obligé de mettre en route, à tout prix. Il existe quelques moyens de se tirer d'embarras, moyens qu'il ne faut évidemment employer qu'en cas d'extrême nécessité. Le remorquage en est un, mais il est un peu moins aisé avec un gros camion qu'avec une camionnette ou un taxi.

Un procédé plus commode consiste à faire passer l'air d'admission à travers un morceau de tissus imbibé d'essence, et dont on entoure, par exemple, le filtre à air. Le même résultat est obtenu en faisant aspirer un mélange d'air et d'acétylène. Si vous avez du carbure, vous en placez quelques morceaux dans une petite boîte contenant de l'eau et que vous maintenez devant la pipe d'air, de façon à ce que l'air aspiré entraîne le gaz dégagé. On peut se dépanner de la même façon avec un peu d'éther. Mais ce ne sont là que des remèdes de fortune, qu'on peut à la rigueur employer sur route, et dont il ne faut pas abuser, de même qu'il ne faut jamais injecter de l'essence dans le cylindre.

APPENDICE

I. JEU DE MONTAGE ET LIMITES D'USURE

Les chiffres ci-après sont des moyennes et peuvent être adoptés dans le cas où l'on ne connaît pas les jeux exacts, prévus par le constructeur. Les cotes marquées entre parenthèses se rapportent aux moteurs à essence.

A. Coussinets de paliers et de bielles

diamètre....	50-70	71-85	86-90	91-95	96-100 mm.
jeu sur diam.	6 (3)	8 (5)	10 (7)	11 (8)	12 (9) cent.

B. Jeu latéral des bielles et du palier de réaction

diamètre..	50-70	71-90	plus de 90 mm
jeu.....	10-15	15-20	20 cent.

Sur certains moteurs, chaque palier a un jeu latéral différent; il varie parfois pour les deux côtés d'un même palier.

C. Faux-rond maximum du vilebrequin

manetons	15-20	(5-10) centièmes
tourillons	15	(8) centièmes

D. Usure maximum des coussinets

Si l'usure dépasse 2,5 à 5 centièmes, suivant le diamètre, il y a lieu de changer les coussinets, de même qu'il faut rectifier le vilebrequin si l'usure est supérieure aux chiffres indiqués plus haut.

Rappelons qu'on entend par usure la différence entre le jeu mesuré et le jeu de montage normal. Cette différence représente l'usure totale des deux pièces.

Pour chacune des pièces, l'usure est la différence entre la cote mesurée et la cote maximum quand il s'agit d'un alésage, ou la cote minimum, pour un diamètre.

Exemple : diamètre normal d'un maneton : 70 ; alésage normal du coussinet : 70.06.

Jeu normal : 0,06 mm.
Diamètre mesuré : 69,90 mm.
Alésage mesuré : 70,10 mm.
Jeu réel : 0,20 mm.
Usure totale de 0,20 — 0,06 = 0,14
Usure du maneton 70 — 69,90 = 0,10.
Usure du coussinet 70,10 — 70,06 = 0,04.

E. Pincement des chapeaux de paliers

Dans beaucoup de moteurs, les coussinets dépassent légèrement le chapeau au plan de joint. Suivant les dimensions, il reste entre le chapeau et le palier un jeu de 5 à 20 centièmes après serrage des écrous, avec une force légèrement supérieure à celle de la main.

II. ALLIAGES ANTIFRICTION POUR MOTEURS A HUILE LOURDE

I. Alliages à base d'étain ou de plomb

N°	ETAIN	PLOMB	ANTIM.	CUIVRE
1	80	—	10	10
2	93	—	3,5	3,5
3	91,5	—	6	2
4	82	—	12	6
5	5,5	80	14	3
6	10	73	15	2
7	20	60	16	2

Remarques. — L'alliage 2 est très employé pour les moteurs d'automobiles, tandis que 3 se rencontre dans les Diesel rapides. 4 est l'alliage des chemins de fer, mais utilisé également pour les paliers de vilebrequin des gros moteurs. Les alliages à base de plomb, 5, 6 et 7 sont, parmi de nombreuses compositions approchantes, utilisés pour des charges croissantes, depuis le moteur (n° 5) jusqu'au moteur d'aviation (n° 7). Ils sont moins chers que les alliages à base d'étain, mais ont un coefficient de frottement plus élevé, qu'on a cependant réussi à abaisser sensiblement par l'introduction de graphite.

II. Alliages à base de cuivre et plomb

N°	CUIVRE	PLOMB	ETAIN	NICKEL	ARGENT	DIVERS
1	78	20				2
2	77	21				2
3	74	23				3
4	72	26			1,5	0,5
5	71	28				1
6	70	25	1,5			3,5
7	70	30				
8	68	26	4			
9	63	35				2
10	60	40				
11	60	38		2		
12	50	50				

Remarques. — Ces alliages qu'on désigne sous le nom quelquefois impropre de « bronze au plomb » étaient, pendant longtemps, difficiles à réaliser. On a pu réussir une distribution satisfaisante de plomb finement divisés, même dans les compositions à haute teneur de plomb, en ajoutant au métal liquide 1 % d'une composition formée de zirconium (55), silicium (38), fer (5), et aluminium (2).

Les coussinets au plomb sont utilisés sous forme massive, homogène, quand l'alliage contient peu de plomb, soit sous forme de garniture antifriction coulée dans une coquille acier, en cas de haute teneur en plomb.

Ces alliages sont moins sensibles à l'élévation de température que le métal plomb et peuvent supporter des charges plus élevées.

En Amérique, ils sont utilisés depuis plusieurs années dans les moteurs d'automobile et les moteurs d'aviation, qu'ils soient du type à essence ou alimentés avec de l'huile lourde.

Ajoutons qu'ils ne conviennent que pour des vilebrequins trempés.

Note. — Les numéros d'ordre ci-dessus n'indiquent nullement un classement selon la qualité.

Suivant la composition, les caractéristiques varient comme suit :

Charge de rupture à la traction, 12 à 17 km. mm².

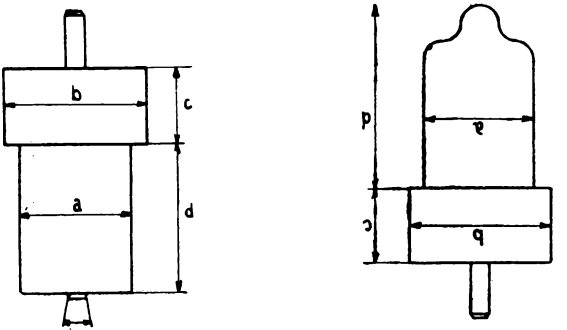
Allongement, 4 à 10 %.

Dureté Brinell (Δ), 35 à 50.

(Voir : Sourdillon, *Matériaux de frottement,* Bull. Tech, Veritas, V-34).

III. SPÉCIFICATION DES INJECTEURS PM

(PRÉCISION MÉCANIQUE)



Type à téton

Chaque injecteur est désigné par un chiffre, une lettre et un chiffre. Exemple : 8 G 20.

8 = angle du jet 8°.

G = désignation de la taille (voir tableau).

20 = diamètre du téton en dizièmes de mm.

Cote :	a	b	c	d
	—	—	—	
G	13,9	17	8	19 mm.
D	17,8	22	10	30 mm.
H	sur demande			
J				

L'angle de jet peut aller de 4 à 45°.

Les tétons se font en diamètre de 1, 1,5 et 2 mm. pour la taille G, et de 1, 1,5, 2 et 3 mm. pour la taille D.

Type à trous

L'injecteur est désigné par deux lettres, un chiffre et une lettre : Exemple I B 250 A.

I B = désignation de la taille (voir tableau)

250 = caractéristiques complètes de l'injecteur

A = caractéristiques des dimensions spéciales de paroi, s'il y a lieu.

Cote	a	b	c	d
	—	—	—	—
I B	13,9	17	8	24 mm.
I D	17,8	22	10	33 mm.
I H	sur demande.			
I J				

IV. SPÉCIFICATION DES INJECTEURS LAVALETTE

Types à téton

Chaque injecteur est désigné par deux lettres, un chiffre, une lettre et un chiffre. Exemple : D N 4 S 1.

DN indique qu'il s'agit d'un injecteur à téton.
4 indique l'angle du jet.
S désigne la taille (voir tableau).
1 est un indice de fabrication se rapportant au diamètre du téton.

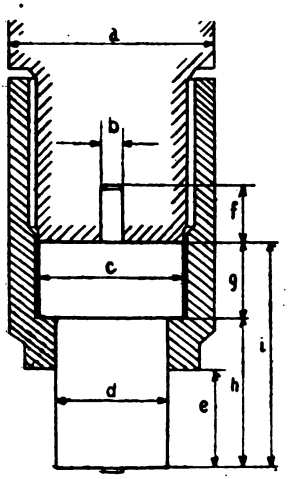
Cote :	a	b	c	d	e	f	g	h	i
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	25	2,8	17	13,9	13	6	8	19	27
T	32	3,8	22	17,8	22	6	10	30	40

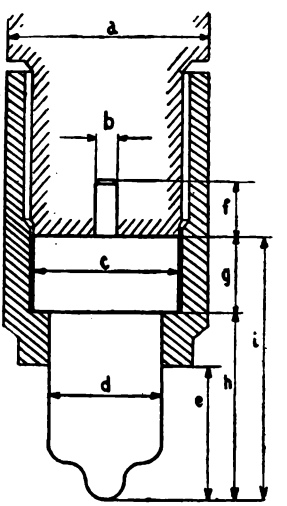
L'angle peut être de 4, 6, 8, 15 ou 30°
Le diamètre du téton peut être :
de 1, 1,5 ou 2 mm., et l'indice 1, 3 ou 2 pour la taille S ;
et de 2 ou 3 mm., et l'indice 2 ou 4 pour la taille T.

Types à trous

Chaque injecteur est désigné par deux lettres, un chiffre, une lettre et un chiffre. Exemple : DL 80 T 20.

Cote :	a	b	c	d	e	f	g	h	i
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	25	2,8	17	13,9	18,5	6	8	24,5	32,5
T	32	3,8	22	17,8	25	6	10	33	43
U	45	4,5	30	24,8	26	8	24	49	73
V	65	5	42	35,8	32	8	30	62	92





DL = type à trous
80 = angle formé par les trous
T = désignation de la taille
20 = indice de fabrication

Les buses peuvent avoir de 1 à 12 trous. Le diamètre des trous, partant de 0,2 mm. augmente de 0,05 mm, avec un angle pouvant aller de 15° à 180°.

APPENDICES NOUVEAUX

Nous avons décidé d'ajouter ici des nouveaux tableaux de renseignements pratiques utiles aux reparateurs et metteurs au point de Diesel, qui s'ajoutent utilement aux appendices publies ci-avant.

Pression d'injection des Diesels routiers français

Marque	Types	Chambre (1)	Rapport volumétr.	Injecteurs à	Pression kg.
Berliet	cyl. 110×150	T	16,5	téton	100
	cyl. 120×160	T	17	téton	100
Bernard	MA4, MA6	D	15	trous	175
Citroën	P23, P32, P40	T	16,3	téton	100
C. L. M.	CR2, LC2, LC3	D	—	ouvert	—
Delahaye	163D	A	15	téton	150
Irat (Dog)	4C. 6C. 4T. 6T	D	17	téton	150
Latil	H1, H2, H4	D	15	trous	175
Luc Court	MC-4, P, HD	D	16	téton	110
Panhard	Zuvic HL	A	15	téton	150
Renault	Moteur 515, 532, 538			téton	125
	Moteurs 504 505, 506, 509 510, 513, 516 517, 542, 319		16	trous	200
Rochet-	425, 355,	T	16	téton	90
Schneider	455, 465,	D	16,7	trous	175
Saurer	Acro	A	—	téton	90
	pist. à tore	D	—	trous	180
Somua	MFH (Hesselm.)	D	6.3	trous	50
	J 15	A	15	téton	150
Unic	Types M	P	15	téton	85
	MZ 25	P	15	téton	100
	MZ 26	P	15	téton	120
	Z U	D-T	15	trous	200
Willème	217, 317	P	18	téton	110
	517	P	18	téton	130
	316	P	18	téton	150

(1) A : Chambre à réserve d'air.
D : Injection directe.
P : Chambre de précombustion....
T : Chambre de turbulence...

Tableau de correspondance des principaux injecteurs à téton

Bosh ou Lavalette	Le Bozec	P.M.	Scintilla	Moteurs
DN 4 S 1	700/7002 A	4 G 10 R	ED 460 Z 1	Panhard, Unic
DN 6 S 1			ED 460 Z 2	
DN 8 S 1	702/7020 A	8 G 10	ED 460 Z 3	Lorraine
DN 12 S 1			ED 460 Z 4	
DN 4 S 2	720/7200 A	4 G 20 R	ED 480 Z 1	Peugeot
DN 6 S 2	720/7210 A	6 G 20 R	ED 480 Z 2	Berliet, Rochet, Saurer, Willème.
DN 15 S 2	723/7230 A	15 G 20 R	ED 480 Z 5	C L M
DN 30 S 2	724/7240 A	30 G 20 R	ED 480 Z 7	Berliet
DN 40 S 2	725/7250 A	40 G 20 R	ED 480 Z 8	Citroën
DN 4 T 2	750/7500 B	4 D 20		
DN 8 T 2	752 7520 B	8 D 20		
DN 8 R 48	D 358	6 F 20 R		Hercules

Tableau de correspondance des principaux injecteurs à trous

Bosch-Lavalette	Le Bozec	P. M.	Moteurs
DL 30 S 46	38 A		Lister
DL 30 S 54	43 A	IB 144 A	Lister
DL 35 S 347	29 A	IB 38	Renault
DL 40 S 325	41 A	IB 203	Chaise, Cérès
DL 65 S 405	36 A	IB 30	Surgérienne
DL 120 S 454	27 A	IB 45 A	Renault, Douge
DL 84 S F 2	D 401 A	IB 538 B	Unic
DL 70 T 164	2002 B	ID 170	Aster
DL 100 T 94	D 348 B		Deutz
DL 130 T 20	2010 B	ID 460	Crépelle
DL 150 T 30	D 369 B		Deutz
FDL 130 T 387	D 392 B		
FDL 130 T 388	D 395 B		Sulzer

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 5

I. **EXAMEN AVANT DÉMONTAGE** 9

Essai du moteur 9
Vérification de la compression 11
Vérification de la pression d'injection 13
Nettoyage et déshabillage du moteur 13
Arrimage et dépose 15

II. **DÉGROUPAGE - NETTOYAGE - REPÉRAGE** 17

Embrayage et volant 17
Distribution 23
Culasse et carter 24
Nettoyage des pièces 25

III. **GRAISSAGE ET REFROIDISSEMENT** 27

Pompe à huile, dégroupage 27
Commande de la pompe 29
Filtres et canalisations 29
Vis calibrées 31
Clapet de décharge 31
Ventilateur 34
Pompe à eau 34
Radiateur 35
Chambres d'eau 36
Thermostat 36
Robinets de vidange et de réamorçage 36

IV. **CYLINDRES ET PISTONS** 37

Examen du groupe 37
Remise en état du cylindre 40
Montage des chemises neuves 41
Vérification des plans de joint 45
Centrage des cylindres sur le carter 47
Démontage des pistons 48
Alésage des trous d'axe 49
Montage de l'axe 50
Orientation des pistons 51
Hauteur du piston 51
Ajustage des segments 53
Mise en place des segments 55
Segments multiples 55
Montage du piston 56
Jeux de montage 57

V. **RÉFECTION DE LA LIGNE D'ARBRE ET DE L'EMBIELLAGE** 59

Nettoyage des pièces 59
Vérification du vilebrequin 60
Dérégulage et nettoyage 63
Etamage 64
Régulage 64
Coussinets en bronze au plomb 67
Equerrage des bielles 68
Alésage des coussinets 70
Baguage du pied de bielle 73
Orientation de la bielle 74
Resserrage des bielles 74
Poids de l'attelage bielle-piston 75
Dressage des plans de joint 76
Tournage des coussinets de palier 76
Portage du coussinet dans le palier 77
Ajustage des coussinets 78
Alésage à la machine 81
Conséquence des jeux excessifs 84
Nécessité d'un jeu normal 84
Charges supportées par les coussinets 84
Resserrage des coussinets 85
Quelques conseils 85

VI. LA CULASSE 87

Démontage 87
Dégroupage 87
Ressorts de soupape 89
Rampe de culbuteurs 89
Démontage des chambres 90
Dispositif de décompression 93
Remontage de la culasse 94

VII. LA DISTRIBUTION 101

Pignons et chaîne 101
L'arbre à cames 103
Les poussoirs 105

VIII. LES CANALISATIONS 107

Installation générale 107
Refoulement des cônes 108
Défauts des canalisations 110

IX. LA POMPE D'ALIMENTATION 113

Vérification du débit 113
Vérification de la pression 116
Essai sur étau 117
Démontage de la pompe 117
Clapets défectueux 118
Usure de la membrane 118
Usure du piston 119
Réglage de la course 120

X. L'INJECTEUR 123

Défauts et pannes d'injecteurs 123
Vérification de l'injecteur 125
Démontage de l'injecteur 130
Nettoyage et rodage 131
Réglage de l'injecteur 134
Remontage de l'injecteur 136
Particularités de différents injecteurs 140

XI. DÉMONTAGE DE LA POMPE D'INJECTION 145

Généralités 145

Pompe Lavalette :

Fonctionnement 146
Démontage de la pompe 147
Démontage du dispositif d'avance 149
Démontage du régulateur 149
Dégroupage de la pompe 149
Remontage 152

Pompe PM :

Fonctionnement 153
Démontage d'une pompe sans arbre 153
Remontage d'une pompe sans arbre 155
Remontage d'une pompe avec arbre à cames 157
Retrait des dispositifs accessoires 157
Dégroupage de la pompe 158
Remontage 159

Pompe Deckel :

Fonctionnement 159
Démontage 161
Remontage 161

Pompe Dentz :

Fonctionnement 162
Démontage 162
Remontage 164

Pompe Junkers :

Fonctionnement 164
Démontage 165

Pompe Scintilla-Ratellier :

Fonctionnement 167
Démontage 169

Pompe Ganz-Jendrassik :

Fonctionnement 169
Dégroupage 169

XII. **VÉRIFICATION ET ESSAI DES POMPES** 171
Constitution du banc d'essai 171
Appareil d'essai à main 173
Vérification de la pompe 175
a) Fonctionnement des pistons 175
b) Vérification des clapets 176
c) Réglage du début d'injection 177
d) Vérification du débit 180
Réglage du débit 182
1° Pompes sans clapet d'admission 182
2° Pompes avec clapet d'aspiration 184

XIII. **RÉGLAGE DE LA DISTRIBUTION** 187
Recherche et vérification des points morts d'un moteur démonté 187
Emploi du disque gradué 189
Moteur désaxé 190
Recherche des points morts sur châssis 192
Réglage de la distribution 194
Calage de la distribution 197
Moteurs sans soupapes 200
Vérification du calage 201
Calage sans cotes 202

XIV. **CALAGE ET RÉGLAGE DE LA POMPE** 203
A) **Mise en place :**
Pompes avec dispositif d'avance à main 203
Pompe P M 205
Pompe Lavalette-Bosch 206
Variation de l'avance à main 207
Pompe sans avance à main 208
Pompe sans arbre à cames 208
Nécessité d'un calage précis 210
B) **Quelques cas particuliers :**
Berliet, Citroën, Peugeot, Saurer, Rochet-Schneider, Latil, Bernard et Gardner 211
Repères et avance variable 215
C) **Réglage de la pompe et du régulateur :**
Régulateur centrifuge 215
Régulateur pneumatique 217
Butée 218
Starter 218
Ralenti 218
Surcharge 220

XV. LES DIFFICULTÉS DE MISE EN ROUTE 223

A) **Conditions nécessaires à un départ facile :**

Température de compression 223
Vitesse de rotation 224
Avance à l'injection 224

B) **Moyens employés pour faciliter le départ :**

Réchauffeurs électriques 225
Augmentation de la compression 226
Réchauffage de l'air 226
Réchauffage du moteur 227
Injection ou vaporisation de combustible dans la tubulure d'admission 227
Conservation de la chaleur après arrêt 228

C) **Difficultés de mise en route :**

Troubles d'ordre général 229
Troubles particuliers au moteur à huile lourde 230
Troubles provenant du système d'alimentation 230
Etat des commandes 230
Avance à l'injection 231
Compressibilité du gasoil 233
Etat des injecteurs 235

APPENDICE 237

Jeux de montage et limites d'usure 237
Alliages antifriction pour moteurs à huile lourde 239
Spécifications des injecteurs PM 241
Spécifications des injecteurs Lavalette-Bosch 242
Pression d'injection des Diesel routiers français 243
Tableau de correspondance des principaux injecteurs à téton 244
Tableau de correspondance des principaux injecteurs à trous 244

I.F.M.R.P., 4, rue Camille-Tahan, PARIS-18e.

Dépôt légal - Editeur : no 15 du 4e trimestre 1963

Imprimé en France

N. L. ERPELDING

Ingénieur-Motoriste

Guide professionnel du MOTEUR A HUILE LOURDE

FONCTIONNEMENT CONDUITE

QUATRIÈME ÉDITION

Un volume de 256 *pages* 154 *figures*

ÉDITIONS CHIRON
40, rue de Seine, PARIS (6e)

G. COMPAIN

MANUEL DE L'ÉLECTRICIEN D'AUTOMOBILE

Un volume de 288 pages, 357 figures.

Si l'utilisation rationnelle des carburants, la production et la transformation du mouvement sont toujours très abondamment étudiés dans les ouvrages, par contre, les problèmes électriques sont souvent abordés timidement et presque entièrement passés sous silence.

Cependant l'électricité peut être considérée comme le système nerveux de la voiture; le rôle des nefs est suffisamment connu pour qu'il soit utile d'insister.

Ce volume est plus particulièrement conçu pour les élèves des sections d'automobile des collèges techniques, il convient cependant également à toute personne déjà teintée d'électricité générale.

Depuis la parution de la première édition de nombreux progrès ont bouleversé la physionomie des automobiles et leur équipement électrique a considérablement évolué. La tendance vers davantage d'automatisme, l'amélioration du confort et les précautions de sécurité ont multiplié ou transformé les organes électriques.

L'auteur a tenu compte de ces réalisations dans la réédition de ce volume, qui, complètement refondu, constitue la nouvelle version, moins théorique mais plus pratique, du cours pour la formation de l'électricien d'automobile.

ÉDITIONS CHIRON, PARIS

L. RAZAUD
Ingénieur mécanicien.
Membre actif de l'A³ E² M.
Officier de l'Instruction Publique.

NOUVEAU MANUEL DE L'AUTOMOBILISTE

Ouvrage illustré de 236 figures

Préface de M. HOUZÉ
Ingénieur des Travaux Publics de l'État,
Chevalier de la Légion d'Honneur.

nouvelle édition mise à jour et augmentée

MOTEURS A CYLINDRES OPPOSÉS - TRANSMISSIONS AUTOMATIQUES - BOITES SPÉCIALES, etc

UN OUVRAGE DE 306 PAGES -

ÉDITIONS CHIRON, PARIS

N.-L. ERPELDING

Ingénieur Motoriste

COMMENT ENTRETENIR ET RÉPARER UNE TRACTION AVANT 7 - à - 15 camionnettes

ET PARTICULARITES DES DS 19 ET ID 19

Un volume de 184 pages, 63 figures.

Ce petit ouvrage qui traite des voitures actuelles à roues motrices avant ne s'adresse pas seulement au motoriste auquel il fournira, nous l'espérons, d'utiles indications pour le réglage et la réparation de ces voitures, mais aussi à l'automobiliste soucieux du bon fonctionnement de son véhicule et désireux de l'entretenir en bon état de marche.

Nous n'avons pas exposé les principes de fonctionnement d'une voiture automobile, mais nous examinons à fond les questions d'entretien et de remise en état.

Si nous avons cru devoir nous adresser à la fois à l'usager et au motoriste et réunir en un seul ouvrage tout ce qui concerne les soins réguliers à donner à la voiture, d'une part, et les réparations à faire en cas d'avarie ou d'usure, d'autre part, ce n'est nullement pour inciter l'automobiliste à se passer des services du réparateur, mais bien au contraire pour le mettre en garde contre la fâcheuse tendance qu'ont de nombreux usagers à vouloir «arranger cela eux-mêmes», oubliant trop souvent qu'ils n'ont ni l'expérience, ni les connaissances, ni l'outillage nécessaire pour pouvoir mener le travail à bonne fin.

Nous nous sommes efforcés d'être aussi clairs, aussi précis que possible et nous avons négligé tout ce qui n'est pas particulier aux voitures à roues motrices avant.

ÉDITIONS CHIRON, PARIS

André GRIMBERT

la pratique des

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

DES VÉHICULES

Un volume de 108 *pages* 95 *figures*

ÉDITIONS CHIRON - PARIS